Hernández Urzúa

Microbiología de los Alimentos

Fundamentos y Aplicaciones en Ciencias de la Salud

www

EDITORIAL MEDICA panamericana

Microbiología de los Alimentos

Fundamentos y Aplicaciones en Ciencias de la Salud

D. en C. MIGUEL ÁNGEL HERNÁNDEZ URZÚA
Químico Farmacobiólogo, egresado de la Universidad de Guadalajara
Maestría y Doctorado en Inmunología, Universidad de Guadalajara
Profesor del Departamento de Ciencias de la Salud. Centro Universitario Tonalá, Universidad de Guadalajara
Profesor del Área de Ciencias de la Salud, Campus Inglaterra, Universidad Guadalajara LAMAR
Guadalajara, Jalisco

EDITORIAL MEDICA panamericana

BUENOS AIRES • BOGOTÁ • CARACAS • MADRID • MÉXICO • PORTO ALEGRE
www.medicapanamericana.com

Titulo de la obra: *Microbiología de los Alimentos. Fundamentos y Aplicaciones en Ciencias de la Salud*
© 2016, Miguel Ángel Hernández Urzúa
© 2016, Editorial Médica Panamericana, S.A. de C.V.

Los editores han hecho todos los esfuerzos para localizar a los poseedores del copyright del material fuente utilizado. Si inadvertidamente hubieran omitido alguno, con gusto harán los arreglos necesarios en la primera oportunidad que se les presente para tal fin.

Gracias por comprar el original. Este libro es producto del esfuerzo de profesionales como usted, o de sus profesores, si usted es estudiante. Tenga en cuenta que fotocopiarlo es una falta de respeto hacia ellos y un robo de sus derechos intelectuales.

Las ciencias de la salud están en permanente cambio. A medida que las nuevas investigaciones y la experiencia clínica amplían nuestro conocimiento, se requieren modificaciones en las modalidades terapéuticas y en los tratamientos farmacológicos. Los autores de esta obra han verificado toda la información con fuentes confiables para asegurarse de que ésta sea completa y acorde con los estándares aceptados en el momento de la publicación. Sin embargo, en vista de la posibilidad de un error humano o de cambios en las ciencias de la salud, ni los autores, ni la editorial o cualquier otra persona implicada en la preparación o la publicación de este trabajo, garantizan que la totalidad de la información aquí contenida sea exacta o completa y no se responsabilizan por errores u omisiones o por los resultados obtenidos del uso de esta información. Se aconseja a los lectores confirmarla con otras fuentes. Por ejemplo, y en particular, se recomienda a los lectores revisar el prospecto de cada fármaco que planean administrar para cerciorarse de que la información contenida en este libro sea correcta y que no se hayan producido cambios en las dosis sugeridas o en las contraindicaciones para su administración. Esta recomendación cobra especial importancia con relación a fármacos nuevos o de uso infrecuente.

EDITORIAL MEDICA panamericana

Visite nuestra página web:
www.medicapanamericana.com

ARGENTINA
Marcelo T. de Alvear 2145 (1122), Buenos Aires, Argentina.
Tels.: (54-11) 4821-5520 / 2060 / Fax: (54-11) 4821-1214
e-mail: info@medicapanamericana.com

COLOMBIA
Carrera 7a A No. 69-19, Bogotá, Colombia.
Tel.: (57-1) 345-4508 / 314-5014
Fax: (57-1) 314-5015/ 345-0019
e-mail: infomp@medicapanamericana.com.co

ESPAÑA
Quintanapalla no 8, Planta 4ª (28050) - Madrid, España
Tel.: (34-91) 1317800 / Fax: (34-91) 4570919
e-mail: info@medicapanamericana.es

MÉXICO
Hegel No. 141, 2do. piso, Col. Polanco V Sección,
Delegación Miguel Hidalgo, C.P. 11560 – D.F., México
Tels.: (52-55) 5250-0664 / 5203-0176 /
Fax: (52-55) 2624-2827
e-mail: infomp@medicapanamericana.com.mx

VENEZUELA
Edificio Polar, Torre Oeste, Piso 6, Of. 6-C
Plaza Venezuela, Urbanización Los Caobos
Parroquia El Recreo, Municipio Libertador Caracas
Depto. Capital, Venezuela.
Tels.: (58-212) 793-2857/6906/5985/1666 Fax: (58-212) 793-5885
e-mail: info@medicapanamericana.com.ve

ISBN 978-607-9356-84-2 (versión impresa)
ISBN 978-607-9356-85-9 (versión electrónica)

Bernández Urzúa, Miguel Ángel, autor.

Microbiología de los alimentos : fundamentos y aplicaciones en ciencias de la salud. — México, D.F. : Editorial Médica Panamericana, 2016.
xiv, 232 páginas) : ilustraciones ; 27 cm

Incluye índice
978-607-9356-84-2 (versión impresa)

1. Alimentos - Microbiología. 2. Contaminación de los alimentos — Análisis. 3. Contaminación de los alimentos - Aspectos de la salud. 4. Leyes de salud pública - México. I. Título.

664.001579-scdd21 Biblioteca Nacional de México

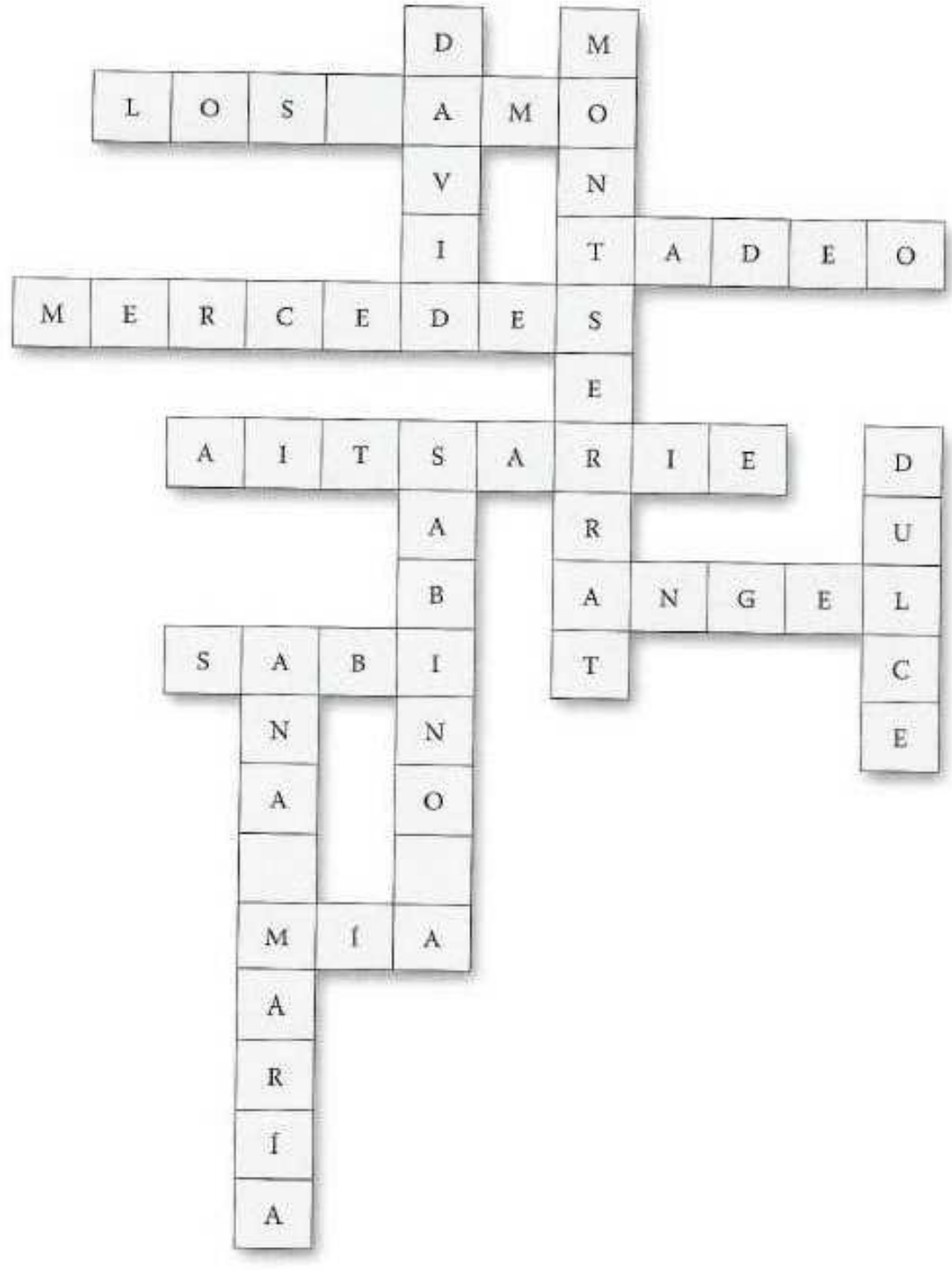
Todos los derechos reservados.
Ninguna parte de esta publicación puede ser reproducida o transmitida en cualquier forma o por cualquier medio, electrónico o mecánico, grabación o por cualquier sistema de almacenamiento y recuperación de información, sin el permiso previo de Editorial Médica Panamericana, S.A. de C.V.

Edición impresa publicada en enero 2016
Edición electrónica publicada en enero 2016

© 2016. EDITORIAL MÉDICA PANAMERICANA, S.A. DE C.V.
Hegel No. 141 2do. piso Col. Polanco V Sección,
Delegación Miguel Hidalgo, C.P. 11560, México, D.F.

Dedicatoria

A mi Familia



Prólogo

Dra. Angélica Luis Juan Morales
Profesor Investigador
Centro Universitario Ciencias Biológicas
y Agropecuarias
Universidad de Guadalajara
Guadalajara, Jalisco

Ante una nueva era de la microbiología de los alimentos, marcada por un avance radical en la disciplina, se deben afrontar los cambios producidos mediante conocimientos, técnicas y experiencias necesarios.

El presente libro "Microbiología de los Alimentos. *Fundamentos y Aplicaciones en Ciencias de la Salud*" tiene como propósito poner a disposición información actualizada sobre microbiología de alimentos.

La obra consta de tres partes y 15 capítulos. La parte I, Aspectos generales, trata de generalidades de la microbiología de los alimentos, microbiología básica, mecanismos de contaminación de los alimentos y factores ecológicos que determinan el comportamiento microbiano en los alimentos. La parte II, Patógenos involucrados en las enfermedades transmitidas por alimentos, aborda los temas de enfermedades transmitidas por alimentos y bacterias patógenas que causan intoxicaciones intestinales, bacterias patógenas que causan infecciones intestinales, enfermedades parasitarias transmitidas por los alimentos, virus transmitidos por los alimentos, micotoxinas transmitidas por los alimentos y mecanismos inmunitarios frente a las enfermedades transmitidas por alimentos. La parte III, Detección y control de las enfermedades transmitidas por alimentos, incluye grupos microbianos indicadores de calidad, garantía de calidad microbiológica de los alimentos, detección de la contaminación microbiana en los alimentos, análisis de riesgos y puntos críticos de control, y legislación sanitaria en alimentos.

El libro tiene una secuencia lógica, sistemática y concisa. En cada capítulo se incluyen cuadros, ilustraciones y una síntesis del contenido. Se estimula al lector a ir más allá de la información escrita ya que en versión electrónica se proporcionan preguntas para autoevaluación, actividades que le apoyarán en el estudio, enlaces para el autoaprendizaje y una breve bibliografía actualizada y selecta.

Nuestro agradecimiento al Dr. Miguel Ángel Hernández Urzúa por su preparación, esfuerzo y dedicación en la elaboración de esta obra, que seguramente será de gran utilidad como libro de consulta fundamental para estudiantes de licenciatura, así como para profesionales relacionados con la salud pública y otros interesados en la seguridad alimentaria.

Agradecimiento

A Dios

No cabe duda que "Dios sabe porque hace las cosas". Esta frase nos cae como anillo al dedo a mí y a esta obra. Enseguida sabrán a lo que me refiero.

Una vez que terminé mi servicio social y quería titularme en la Facultad de Ciencias Químicas, no encontraba un tutor que me diera asesoría sobre bacteriología médica, así que acabé realizando mi tesis en el área de la microbiología de los alimentos. En un laboratorio particular, durante nueve meses, realicé un estudio sobre el control microbiológico de ensaladas crudas en comedores industriales. Presenté mi trabajo de investigación, me fue bastante bien en el examen de grado, y pensé que se cerraría ese capítulo de mi carrera.

Durante unos meses trabajé en la Secretaría de Salud, en el área de microbiología médica, pero por diversas causas no renové contrato y me decidí por ingresar al posgrado en inmunología, en la Universidad de Guadalajara, en donde se llevó a cabo una investigación acerca del efecto de la contaminación ambiental sobre el sistema inmunitario. Un poco antes de que terminara mi beca, una compañera del doctorado me invitó a suplirla como docente en una universidad particular. En ese semestre impartí Bases de Bioquímica en la carrera de nutrición; pero, en la primera oportunidad que tuve, solicité la clase de Microbiología de los Alimentos, ya que era algo conocido para mí.

La directora de la carrera me facilitó el programa de la asignatura y comencé la preparación de mis sesiones. Llevé a cabo una recopilación minuciosa de la información, la redacté de manera sencilla y traté de desarrollar los temas en forma práctica. Así, durante varios años, fui puliendo los datos hasta que se volvieron el principal material de apoyo para la materia. En una ocasión, la misma directora me sugirió someter a revisión ese manual por parte de una casa editorial. La obra fue preaprobada, pero hubo cambio de editor; perdí el contacto y no se publicó. Pensé de nueva cuenta que se cerraría ese capítulo en mi vida.

Tuvieron que pasar algunos años para que retomara el proyecto; actualicé la información, rediseñé imágenes, volví a redactar y reenvié el trabajo a otra casa editorial. Pasados unos meses, me llamaron para una entrevista con el editor. Recuerdo que me comentó que tenía otros trabajos sobre el área y me preguntó "por qué consideraba que mi libro sería la mejor opción". Entonces le contesté "en el mercado hay más obras, pero están dedicadas a profesionales que ya tienen dominio sobre el tema. No hay un texto que sea útil para un estudiante. Para qué quiero un libro especializado, del cual sólo aprovecho un 30%, cuando puedo utilizar una obra menos extensa, más práctica y sencilla, y cuya utilidad es del 100%. Parece que ese argumento me valió. Luego de un tiempo, iniciamos la etapa del proceso de edición y, finalmente, contamos con la publicación que tienes en tus manos. Pero esta vez, espero que no se cierre el capítulo.

Las cosas se aclararon, la guía de Dios me permitió enfrentar las situaciones y obstáculos que se cruzaron en la elaboración de esta obra. Es difícil poder vislumbrar el bosque completo cuando estamos debajo de un gran árbol que crece por encima de nuestra cabeza, pero todo llega...tarde o temprano.

D. en C. Miguel Ángel Hernández Urzúa

Reconocimiento por asesoría

CAPÍTULO 1
Q.F.B. Ana María Soto Morales
Laboratorio Clínico, Centro de Salud No. 4,
Secretaría de Salud de Jalisco
Guadalajara, Jalisco

CAPÍTULO 5
Dr. Jorge Adrián Chuck Sepúlveda
Médico Pediatra y Bioeticista
Universidad Autónoma de Guadalajara
Guadalajara, Jalisco

CAPÍTULO 10
D. en C. Aurelio Flores García
Unidad Académica de Medicina, Universidad Autónoma
de Nayarit
Tepic, Nayarit

CAPÍTULO 11
M. en C. Guadalupe Muñoz Andrade
Laboratorio de Microbiología de Alimentos, Centro Estatal
de Laboratorios, Secretaría de Salud de Jalisco
Guadalajara, Jalisco

CAPÍTULO 1

GENERALIDADES DE LA MICROBIOLOGÍA DE LOS ALIMENTOS

OBJETIVOS

- Conocer la definición, historia y campos de acción de la microbiología de los alimentos.
- Comprender su importancia en la industria alimentaria y el hogar.

1. Concepto 4
2. Disciplinas relacionadas 4
3. Historia de la microbiología de los alimentos ... 5
4. Clasificación de los microorganismos 6
5. Campo de acción 7
6. Síntesis conceptual 7

INTRODUCCIÓN

En el mundo actual más de tres millones de personas mueren anualmente por enfermedades transmitidas por alimentos (ETA) y cientos de millones padecen episodios frecuentes de diarrea. En los Estados Unidos, los expertos en salud calculan que el costo al año originado por las ETA es de USD $ 5 a 6 mil millones en gastos médicos directos y en productividad perdida. Por otro lado, el desarrollo de microorganismos altera las características de los alimentos, lo cual repercute en cuantiosas pérdidas económicas para la industria alimentaria. Un informe del *National Research Council (NRC)* estimó que solamente a través de la actividad microbiana se pierde una cuarta parte del suministro mundial de alimentos. En este marco, la *microbiología de los alimentos* es una herramienta de gran utilidad, destinada a solucionar los problemas sanitarios mediante metodologías cada vez más avanzadas y eficaces.

1. CONCEPTO

La *microbiología de los alimentos es una rama de la microbiología que estudia a los microorganismos que afectan la calidad higiénica del agua y de los alimentos*. Se encarga de promover las medidas necesarias para asegurar la inocuidad, salubridad y buen estado de los productos alimentarios. Además, mantiene una vigilancia estricta de las condiciones y prácticas para preservar la calidad de los alimentos, con la finalidad de evitar su contaminación y las enfermedades resultantes.

La microbiología de los alimentos investiga las siguientes características de los microbios:

- *Estructura*. Aspectos como forma, tamaño y agrupación, entre otros.
- *Resistencia*. Aptitud del germen para sobrevivir en su entorno.
- *Ecología*. Relación del microorganismo con el medio ambiente.
- *Secuelas*. Consecuencias del desarrollo microbiano en el producto.
- *Crecimiento*. Capacidad para crecer y desarrollarse en los propios alimentos.
- *Agentes*. Factores que influyen en el crecimiento de los microbios en el alimento.

Esta información es esencial para conocer las fuentes y mecanismos de contaminación de los alimentos, así como el destino que pueden tener los microorganismos en un producto sometido a una variedad de condiciones y efectos adversos.

IMPORTANTE:

Microbiología de los alimentos. Estudia los microorganismos que alteran la higiene del agua y de los alimentos.

RECUERDA:

La microbiología los alimentos, también conocida como *microbiología sanitaria*, estudia a los microorganismos de interés en el agua y alimentos, así como los factores causales que determinan su supervivencia, crecimiento e inactivación.

2. DISCIPLINAS RELACIONADAS

Las ciencias que apoyan a la microbiología de los alimentos, proporcionan las herramientas necesarias para que el microbiólogo ejerza el control sanitario de los alimentos (sin dañar el capital del fabricante) y garantizar productos carentes de riesgos para la salud de la población consumidora. La microbiología de los alimentos se relaciona con diversas áreas, a saber (figura 1-1):

- *Microbiología médica*. Investiga los diferentes agentes patógenos para el ser humano, sus factores de virulencia y la patogenia de la enfermedad.
- *Microbiología industrial*. Estudia los microbios y su importancia para la obtención de productos útiles para el hombre.
- *Inmunología*. Investiga todos los mecanismos de defensa del organismo frente a agentes patógenos (p. ej., bacterias, virus, hongos y parásitos).
- *Bioquímica microbiana*. Estudia las actividades vitales de los microorganismos para crear procesos de manera diseñada.
- *Genética microbiana*. Investiga la función de los genes, su expresión y regulación.
- *Toxicología alimentaria*. Observa la naturaleza, fuentes y formación de sustancias tóxicas en los alimentos.
- *Epidemiología*. Estudia la distribución de las enfermedades en las poblaciones.

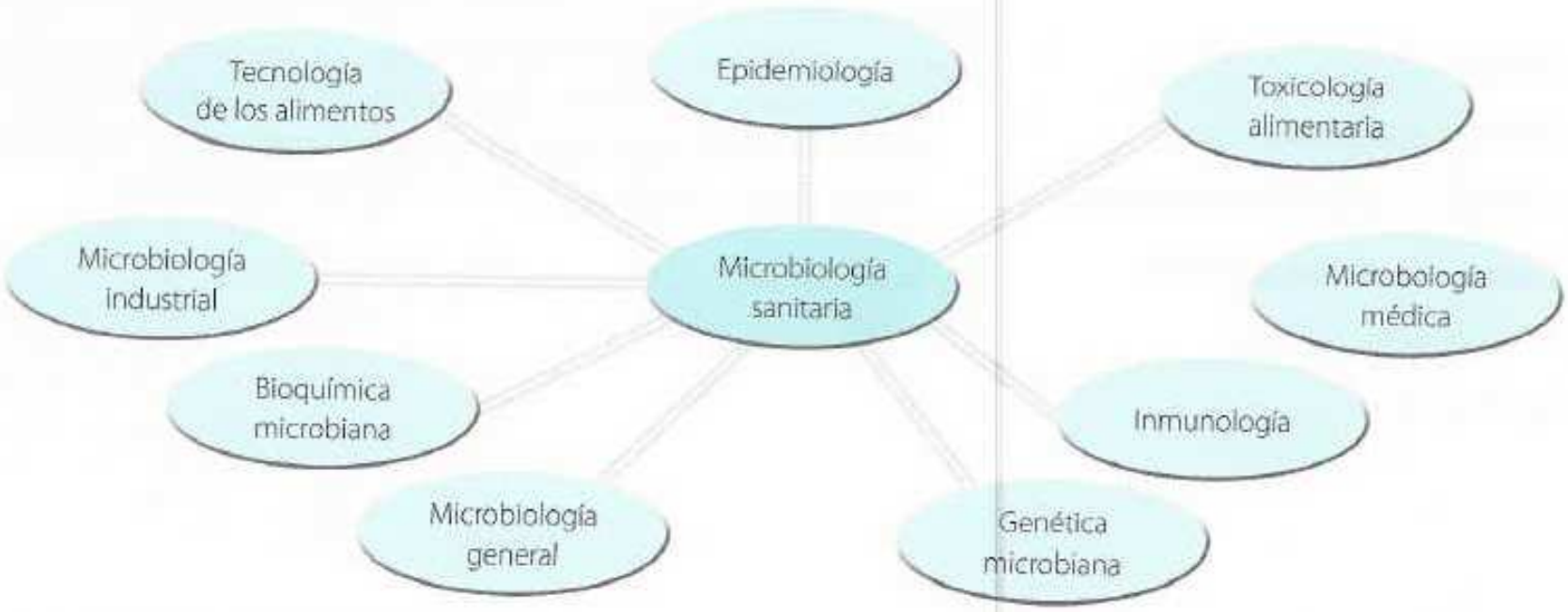


FIGURA 1-1. LA MICROBIOLOGÍA DE LOS ALIMENTOS INTERACTÚA CON DISTINTAS DISCIPLINAS

- *Tecnología de los alimentos.* Analiza los métodos usados para manejar, transformar, conservar y almacenar los diversos alimentos.
- *Microbiología general.* Estudia la descripción, exigencias fisiológicas y medios de vida de los microorganismos.

IMPORTANTE:

Disciplinas relacionadas. La microbiología de los alimentos se relaciona con la microbiología médica, microbiología industrial, inmunología, bioquímica microbiana, genética microbiana, toxicología alimentaria, epidemiología, tecnología de los alimentos y microbiología general.

RECUERDA:

La inocuidad en los alimentos se refiere a que éstos deben cumplir ciertas normas para no causar daño alguno a los consumidores.

3. HISTORIA DE LA MICROBIOLOGÍA DE LOS ALIMENTOS

Muchos de los acontecimientos de la microbiología de los alimentos son comunes a los sucesos históricos de la microbiología general. Debido a que el conocimiento microbiológico se especializó tanto, surgió la necesidad de separar ambas disciplinas.

Hechos históricos

- De 1300000 a 100000 años a.C. Durante el periodo paleolítico se descubrió el fuego y su uso indicó una modificación trascendental, desde el punto de vista de la conservación de los comestibles.
- Año 2000 a.C. Moisés dictó leyes sobre cuáles alimentos se podían comer y cuáles se debían desechar. Las normas sanitarias protegieron a los israelitas contra las plagas de insectos y la carne de animales infectados con "piedras" (*Cysticercus cellulosae*).
- Año 1500 a.C. En Egipto, el papiro de Ebers hace referencia a venenos tan conocidos como la cicuta, opio, plomo, cobre, antimonio y belladona.
- Año 300 a.C. En Roma se registraron relatos de intoxicaciones alimentarias atribuidas a productos químicos. En esa época era generalizado el uso de plomo para la construcción de acueductos y la elaboración de utensilios de cocina, lo que contaminaba el agua y los alimentos.
- En 1674, Antony van Leeuwenhoek observó las bacterias por primera vez a través de varias lentes que formaban un microscopio primitivo.

FIGURA 1-2. PASTEUR DISEÑÓ MÉTODOS PARA LA CONSERVACIÓN DE LOS ALIMENTOS

- En 1860, Louis Pasteur demostró el papel que tenían las bacterias en las fermentaciones de vinos y cervezas (figura 1-2).
- En 1892, Franz Schardinger sugirió que *Escherichia coli* sería útil como microorganismo indicador de contaminación fecal.
- En 1897, Kiyoshi Shiga identificó al agente causal de la disentería bacilar, la bacteria *Shigella dysenteriae*.
- En 1908, Charles Nicolle aisló (junto con Louis Manceaux), a partir del hígado y bazo de unos pequeños roedores africanos, a un parásito intracelular al que denominaron *Toxoplasma gondii*.
- En 1915, M.H. McCrady establece el enfoque cuantitativo para determinar el número más probable de coliformes en una muestra de agua contaminada.
- En 1926, Everitt Murray aisló la bacteria *Listeria monocytogenes*, la cual puede crecer frecuentemente en la comida a temperaturas bajas y causar listeriosis en el hombre.
- En 1992. T. Cheasty *et al.* informaron de la nueva cepa de *Vibrio cholerae* 0139 asociada con cólera epidémico.
- En 2003 aparece la gripe aviar en Asia, producida por el subtipo HPAI A (H5N1) del virus Influenza A, que casualmente se puede transmitir al hombre.
- En 2007 se informa de la secuenciación del genoma de *Saccharopolyspora erythraea*, bacteria productora del antibiótico eritromicina.

La microbiología de los alimentos hace importantes aportaciones a la ciencia de la microbiología general, y viceversa.

HECHOS HISTÓRICOS

Entre los principales hechos encontramos el decreto de leyes sanitarias hecho por Moisés, el hallazgo de los microbios por Leeuwenhoek, la preservación de alimentos por Pasteur y la cuantificación bacteriana por McCrady.

RECUERDA:

Hace unos 400 000 años, el hombre primitivo aplicó sus incipientes conocimientos de higiene alimentaria, cuando pudo diferenciar aquellos comestibles contaminados que causaban malestares gastrointestinales. Además, en esa época se desarrollaron las primeras técnicas para preservar la comida: la *deshidratación* y el *congelamiento*. Entre los años 3000 y 1200 a.C. aparecieron otros métodos, por ejemplo: hervir los alimentos surge en el pueblo hebreo; el salazonado de pescado con los sumerios y griegos; el escabechado de las carnes en el imperio romano. Asimismo, las primeras religiones establecieron una rudimentaria legislación alimentaria en forma de preceptos y prohibiciones.

En la Edad Media, los gremios de carniceros, pescaderos y panaderos proclamaron reglamentos para evitar las adulteraciones de los alimentos. Una práctica habitual, que se mantuvo hasta el siglo XVIII, era cocinar la carne antes de asarla. Nicholas Appert logró conservar alimentos en frascos estériles cerrados herméticamente. A pesar de que los microorganismos los describió por primera vez Antonie Van Leeuwenhoek, tuvieron que transcurrir 200 años para que Louis Pasteur hiciera comprender al mundo la importancia de este hallazgo. Louis Pasteur y Robert Koch demostraron que un único microorganismo patógeno es el agente causal de una enfermedad determinada.

A partir del descubrimiento sobre la relación entre el consumo de alimentos contaminados y la falta de higiene con la aparición de enfermedades bacterianas en el hombre, a finales del siglo XIX, se establecieron las bases para los principios científicos que permitirían prevenir la contaminación alimentaria. La invención de la lata de hojalata y de la autoclave permitió consolidar a las conservas esterilizadas por calor como uno de los sistemas de conservación de alimentos más eficaz y seguro. Durante el siglo XX se idearon técnicas eficientes para impedir la proliferación microbiana, inactivar agentes patógenos y facilitar su detección.

4. CLASIFICACIÓN DE LOS MICROORGANISMOS

Los grupos microbianos pueden incluir varios géneros o especies. Desde el punto de vista sanitario, los microbios se agrupan en:

Deterioradores

Son aquellos que alteran las características organolépticas del comestible; es decir, afectan la textura, olor, sabor o color de los alimentos. Los microbios deterioradores se utilizan para estudiar la degradación de los alimentos, los factores que la favorecen y los métodos para controlarla. Los principales grupos deterioradores son: proteolíticos, lipolíticos, sacarolíticos, fermentadores, amilolíticos y pectinolíticos.

Patógenos

Son gérmenes que causan enfermedades. Durante el estudio de estos agentes siempre se tiene en cuenta el papel del agua o los alimentos en la aparición de las epidemias en la población. Entre los principales microbios patógenos se puede mencionar a las bacterias *Salmonella, Shigella, Yersinia enterocolitica, Escherichia coli, Vibrio, Campylobacter, Clostridium botulinum, Bacillus cereus, Listeria* y *Brucella.*

Indicadores

Son microbios que sugieren malas prácticas sanitarias, tales como fuentes de contaminación indeseables o de otro tipo de accidentes durante el manejo del agua y los alimentos. Los microorganismos indicadores se agrupan de acuerdo a las características morfológicas, fisiológicas y ecológicas que comparten. Los grupos indicadores más importantes son bacterias mesófilas aerobias, coliformes, mohos, levaduras, y *Staphylococcus aureus.*

Iniciadores

Éstos corresponden a aquellos microbios que sirven para controlar el comienzo de los procesos de fermentación. Por ejemplo, algunas bacterias y levaduras se usan durante el agriado de diversos alimentos. Igualmente, los iniciadores se utilizan para reprimir la flora acompañante indeseable, lo cual asegura la salubridad y la calidad del producto final. Por ejemplo: *Lactobacillus bulgaricus, Streptococcus lactis, Sacharomyces cereviceae,* etc.

Indiferentes

Son microorganismos normales del alimento, que generalmente no alteran al comestible ni causan enfermedad al ingerirlos. Los ingredientes, vegetales y animales llevan su propia microflora, la cual también puede persistir durante la vida del alimento. La población microbiana autóctona puede utilizarse como posible cultivo iniciador, para obtener alta calidad, sabor y textura en determinados productos cárnicos tradicionales. En el caso del kulen eslovaco, un tipo de salchicha elaborada con carne de cerdo picada, la población microbiana dominante consiste en *Lactobacillus plantarum, L. delbrueckii, L. mesenteroides, L. acidophilus, Staphylococcus xylosus, S. warneri, S. lentus, S. auricularis* y *Candida famata.*

IMPORTANTE:

Clasificación. Los microbios pueden ser: deterioradores (descomponen alimentos), patógenos (causan enfermedad a personas), indicadores (señalan higiene), iniciadores (comienzan fermentación) e indiferentes (flora normal).

FIGURA 1-3. MEDIANTE EL CONTROL SANITARIO SE CONSIGUEN ALIMENTOS SANOS

5. CAMPO DE ACCIÓN

La microbiología de los alimentos se enfoca principalmente a investigar la presencia de gérmenes patógenos que pudieran causar enfermedades al ingerirse con los comestibles, así como la alteración sanitaria y organoléptica de los alimentos por la acción de los microorganismos (figura 1-3). El laboratorio de microbiología de los alimentos es un valioso recurso ante una diversidad de situaciones que se resumen en los siguientes puntos:

- *Control*. Inspeccionar la calidad higiénica de materias primas e ingredientes, así como del producto terminado.
- *Eficiencia*. Estudiar la eficacia de germicidas, conservadores, procesos de pasteurización y esterilización.
- *Potabilidad*. Analizar la pureza y calidad bacteriológica del agua.
- *Evaluación*. Estimar la eficiencia de los procesos de lavado y desinfección del equipo, utensilios y superficies de trabajo.
- *Diferenciación*. Realizar diagnóstico diferencial de la causa que provoca la alteración de un alimento.
- *Identificación*. Detectar a los portadores asintomáticos de microorganismos patógenos entre el personal que maneja alimentos.
- *Rastreo*. Buscar las fuentes de contaminación durante el procesamiento de los comestibles.

El *control sanitario de los alimentos* consiste en evaluar la calidad e inocuidad de alimentos y bebidas alcohólicas nacionales e importadas, a fin de garantizar el cumplimiento de las normas sanitarias vigentes. Es una evaluación técnica que se realiza a través de estudios fisicoquímicos, microbiológicos y contaminantes.

IMPORTANTE:

Campo de acción. El laboratorio de microbiología de los alimentos es útil para controlar materias primas y producto terminado, evaluar lavado y desinfección, identificar portadores asintomáticos, rastrear fuentes de contaminación, etc.

RECUERDA:

El objetivo principal del control sanitario es la obtención de un alimento sano; es decir, un producto libre de riesgo para la salud, atractivo para los sentidos, con apropiadas pureza y frescura, y que conserva su capacidad nutricional.

La microbiología de los alimentos debe tomar en cuenta las necesidades de un país, mediante una relación estrecha entre las instituciones académicas, la industria alimentaria y las áreas gubernamentales. Es una ciencia que debe contar con la infraestructura suficiente y el personal capacitado, aplicar tecnología de vanguardia, tener como base un marco normativo preciso y renovado, así como fomentar la investigación pura y aplicada.

6. SÍNTESIS CONCEPTUAL

- La microbiología de los alimentos estudia los microbios que alteran la calidad higiénica del agua y los alimentos. Según esta disciplina, los microbios pueden clasificarse en: deterioradores (descomponen alimentos), patógenos (enferman personas), indicadores (señalan higiene), iniciadores (comienzan fermentación) e indiferentes (flora normal).
- El campo de acción de la microbiología de los alimentos abarca desde la determinación de la presencia de gérmenes patógenos, que pudieran causar enfermedades al ser ingeridos con los comestibles, hasta la identificación de las alteraciones sanitarias y organolépticas de los alimentos por la acción de los microorganismos.

Véase **Bibliografía** cap. 1 Generalidades de la microbiología de los elementos
Véase **Actividades recomendadas** cap. 1 Generalidades de la microbiología de los elementos
Véase **Autoevaluación** cap. 1 Generalidades de la microbiología de los elementos

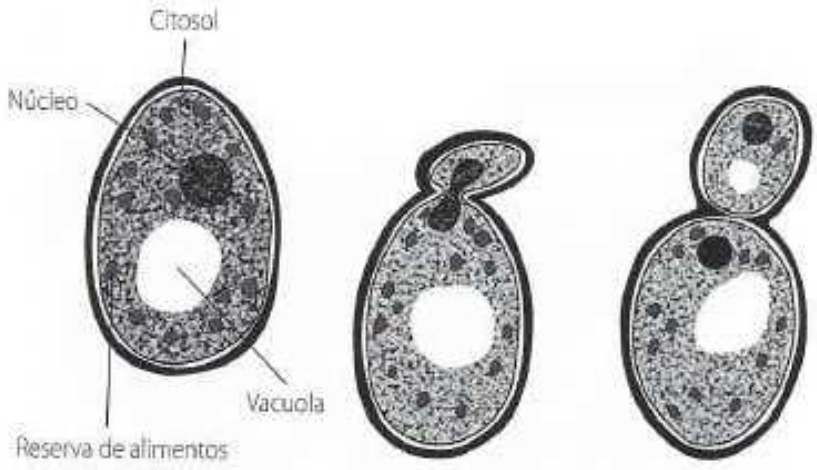


FIGURA 2-9. MORFOLOGÍA DE UNA LEVADURA

en el sustrato para obtener los nutrientes, recibe el nombre de *micelio vegetativo*, y la otra que crece sobre el sustrato y produce las esporas, se llama *micelio reproductor* o *aéreo*.

Los *rizoides* son prolongaciones hifales cortas, que sirven para fijar el micelio y facilitar la absorción de sustancias. El *estolón* está constituido por hifas generalmente horizontales, que unen grupos de rizoides. Las *esporas* son las unidades de germinación, similares en la función de las semillas en las plantas superiores y sus características básicas se utilizan para la identificación de muchos hongos filamentosos. Una *conidia* es una espora fúngica producida asexualmente, formada sobre un conidióforo, que es una hifa especializada en el extremo y de la cual se producen los conidios. Las *fiálides* son estructuras con forma de botella, ubicadas en el extremo de un conidióforo, sobre las cuales se producen esporas.

- *Levaduras.* Las levaduras típicas tienen forma ovoide y su tamaño oscila entre 2 y 10 µm. Poseen pared celular, citoplasma con vacuolas, glóbulos de grasa y glóbulos metacromáticos (figura 2-9). No tienen flagelos.

IMPORTANTE:

Estructuras de los hongos. Las setas están provistas de un pie y un sombrero.

Los hongos filamentosos poseen hifas, tabiques, núcleos, citoplasma, rizoides, estolón, conidióforo, conidia, fiálides y esporas. Las hifas que penetran en el sustrato son el micelio vegetativo. Las hifas que producen esporas se llaman micelio reproductor.

Las levaduras tienen pared celular, citoplasma con vacuolas, glóbulos de grasa y metacromáticos.

Reproducción de los hongos

Éstos pueden multiplicarse mediante cualquiera de los siguientes mecanismos, aunque en muchos casos se comparten varios (figura 2-10):

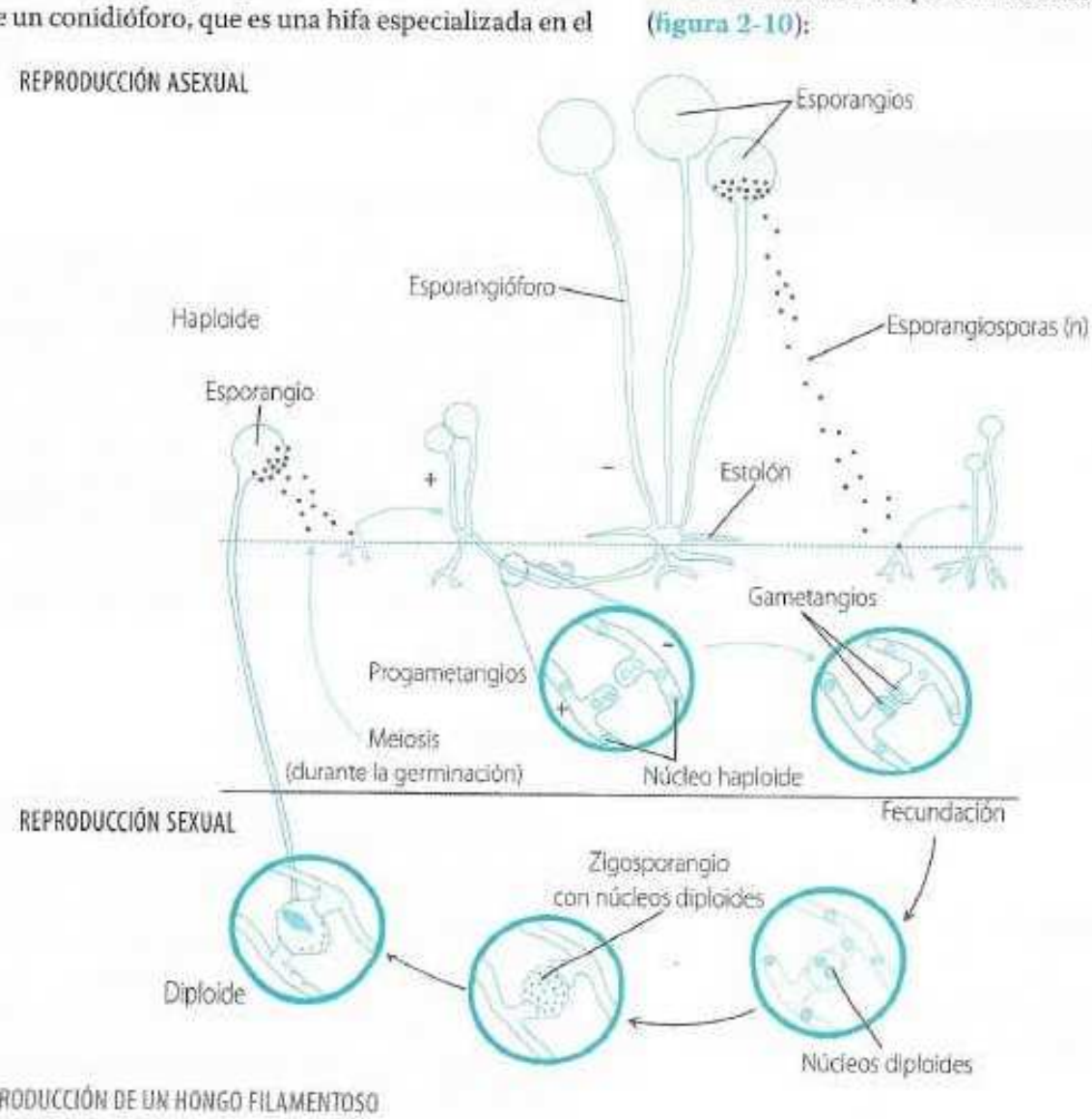


FIGURA 2-10. REPRODUCCIÓN DE UN HONGO FILAMENTOSO

- *Asexual.* Es el crecimiento a partir de un seudomicelio primitivo, sin conjugación nuclear ni reducción cromática. La reproducción asexual puede ser de tres tipos: gemación, esporulación y fragmentación.
  - — Gemación. Consiste en la formación de una gema, que se desarrolla en forma independiente y origina un nuevo individuo, el cual se desprende o permanece unido al progenitor.
  - — Esporulación. Implica la dispersión de las esporas al entorno y la formación de nuevos organismos a partir de ellas.
  - — Fragmentación. Involucra la separación de una parte del microorganismo, que se desenvuelve como un espécimen independiente.
- *Sexual.* Es la producción de esporas por fusión de dos núcleos haploides sexualmente distintos. No es frecuente en los hongos patógenos humanos, por lo que se denominan hongos imperfectos. Los principales tipos de esporas sexuales son: oosporas, zigosporas, ascosporas y basidiosporas.
- *Parasexual.* Es un mecanismo raro, en el que las hifas se unen sin fusión nuclear posterior y da lugar a un heterocarión de núcleos haploides. En algunas ocasiones se pueden conjugar los núcleos y aparece un núcleo diploide-heterocigótico.

Por lo general, la reproducción de los hongos es a través de esporas asexuales, aunque muchos pueden producir esporas sexuales (cuadro 2-6.).

CUADRO 2-6. TIPOS DE REPRODUCCIÓN EN HONGOS

Hongo	Reproducción	Mecanismo
Setas	Sexual	Esporas
	Asexual	Fragmentación
		Esporulación
Hongos filamentosos	Sexual	Esporas
	Asexual	Fragmentación
		Esporulación
	Parasexual	
Levaduras	Sexual	Esporas
	Asexual	Gemación

IMPORTANTE:

Multiplicación de los hongos. Puede ser: 1) asexual, sin conjugación nuclear; por ejemplo, la gemación, esporulación y fragmentación. 2) Sexual, por fusión de dos núcleos haploides sexualmente distintos. 3) Parasexual, las hifas se unen sin fusión nuclear posterior.

RECUERDA:

Los hongos imperfectos o deuteromicetos comprenden más de 15 000 especies reunidas provisionalmente en este grupo porque se desconoce o no existe el mecanismo de reproducción sexual. La reproducción asexual se produce mediante conidios. Los hongos imperfectos tienen un micelio formado por hifas tabicadas, generalmente multinucleadas y ramificadas; sólo las levaduras, que son unicelulares, no desarrollan hifas. Son de gran importancia médica por su alto grado de patogenicidad en el hombre. Algunos ejemplos son: *Coccidioides immitis, Paracoccidioides brasiliensis* y *Candida albicans.*

Diseminación

Los hongos primordialmente son estáticos. Pero se pueden dispersar a través de esporas que viajan en el viento y en la lluvia, o por crecimiento y extensión de sus hifas. Algunos insectos y milpiés comen hongos y así favorecen el esparcimiento de las esporas. Las infecciones por cándida pueden ser transmitidas de paciente a paciente y de sanitarios a pacientes. La transmisión de *Cryptococcus* suele ser mediante inhalación de levaduras parecidas a los hongos. La vía de entrada del hongo *Sporothrix schenckii* es generalmente por inoculación cutánea con objetos contaminados, tales como rosales, juncos, madera, paja, etc.

Infecciones en plantas

Las plantas sufren una sucesión de enfermedades y plagas durante su desarrollo, de las cuales alrededor de 85% es causado por hongos. Se considera que existen más de 8 000 especies de hongos que producen enfermedades en los vegetales. Los hongos pueden originar muerte del tejido, atrofia de la planta completa o de sus partes, e hipertrofia. Además, los que afectan las raíces o el sistema vascular, tienden a producir una coloración amarillenta en la planta y marchitez. Entre los hongos deterioradores patológicos de frutas, hojas, tallos y productos subterráneos se mencionan *Aspergillus flavus, Botrytis cinerea, Penicillium italicum* y *Colletotrichum gloeosporioides.*

Hongos en los alimentos

Las setas comestibles son un alimento tradicional consumido en muchos países. Entre las más codiciadas se encuentran los champiñones, la trufa negra y el robellón. *Amanita phalloides* es una especie tóxica que se puede confundir con las amanitas blancas comestibles. Entre la flora autóctona de las verduras están los mohos *Botrytis cinerea, Aureobasidium pullulans, Alternaria tenuis* y *Rhizopus nigricans.* Las frutas presentan un pH ácido y una mayor concentración de carbohidratos simples, lo que favorece el crecimiento de mohos y bacterias ácido lácticas. Algunos hongos fi-

lamentosos deterioradores de frutas son *Aspergillus, Penicillium, Mucor, Alternaria, Cladosporium* y *Botrytis*.

En determinadas condiciones, los mohos son capaces de producir *micotoxinas*. Este tipo de hongos se encuentra en una gran variedad de alimentos, especialmente vegetales, cereales y oleaginosas. Las micotoxicosis por *Fusarium proliferatum, Alternaria alternata* o *Aspergillus flavus* provocan intoxicaciones agudas o crónicas en seres humanos y animales, contagiándose a partir del consumo de un alimento directamente contaminado, o cuando ingieren residuos de micotoxinas presentes en carnes, vísceras, huevo o leche.

Las levaduras se encuentran en el suelo y sobre las plantas, y abundan en la naturaleza. *Saccharomyces cerevisiae* tiene la habilidad de crecer en forma anaerobia mientras realiza fermentación alcohólica. Por este motivo se utiliza en muchos procesos de fermentación industrial, por ejemplo: en la producción de pan, cerveza, vino, hidromiel, antibióticos y otros. Sin embargo, las levaduras también generan enzimas capaces de descomponer diversos sustratos, principalmente los azúcares. Los ascomicetos y basidiomicetos alteran alimentos de origen vegetal, frutos, verduras, granos, productos de panadería, salmueras, leche, productos lácteos, carnes frescas y curadas.

Enfermedades fúngicas en el hombre

Los hongos tienen la capacidad para producir diversas enfermedades. La ingestión de ciertos hongos macroscópicos (p. ej., *Amanita phalloides* y *Claviceps purpurea*) causa una intoxicación llamada *micetismo*. La *micotoxicosis* es un trastorno que deriva de la ingestión de alimentos contaminados con metabolitos tóxicos producidos por *Aspergillus, Penicillium* y *Fusarium*. Además, ciertos cuadros de alergia se deben a la acción de *hipersensibilidad* hacia esporas o fragmentos de hifas como ocurre con el género *Aspergillus*. Una *micosis* es una infección originada por ciertos hongos, que se puede clasificar en: superficial, cutánea, subcutánea, sistémica, y oportunista. *Cryptococcus* puede colonizar o diseminarse, o ambas cosas, en los tejidos de individuos inmunodeprimidos.

Al igual que los hongos filamentosos, las levaduras pueden causar reacciones alérgicas. *Malassezia* y *Candida* son miembros de la flora normal, pero debido a un defecto en las barreras cutáneas o mucosas pueden entrar en contacto con el sistema inmunitario, lo que puede agravar la dermatitis atópica en algunos individuos. Asimismo, algunas levaduras se consideran como posibles alérgenos digestivos.

IMPORTANTE:

Enfermedades por hongos. Los hongos tienen varios mecanismos de acción patógena: micetismo, micotoxicosis, hipersensibilidad y micosis.

Tratamiento y prevención

Los casos graves de *histoplasmosis* (una infección por hongos que puede causar fiebre, ganglios linfáticos inflamados y muerte) se tratan con anfotericina B. El fluconazol posee actividad fungistática sobre dermatofitos, levaduras y otros hongos patógenos. La solución por vía oral de yoduro potásico es eficaz para el tratamiento de esporotricosis y ficomicosis subcutánea. Por otro lado, la penicilina G y silimarina parecen ser útiles en la insuficiencia hepática debida a la intoxicación por consumo de hongos *Amanita genus*.

Para evitar algunas infecciones fúngicas es necesario mantener una buena higiene personal. Se recomienda evitar las caminatas descalzo por el borde de piscinas, en sauna, duchas públicas, alfombras o pisos de hoteles. Vestir siempre ropas íntimas de fibras naturales. No aplicar el tratamiento destinado a un tipo específico de infección micótica, en cualquier parte del cuerpo. Las medidas de control incluyen el uso de guantes y mangas largas al manipular arbustos de rosas, almácigos de pinos, fardos de heno u otras plantas que puedan provocar pequeños cortes en la piel. Se debe evitar la exposición en áreas posiblemente contaminadas, tales como criaderos de aves, granjas y cuevas de murciélagos.

IMPORTANTE:

Antimicótico. Es cualquier sustancia capaz de evitar el desarrollo de ciertas variedades de hongos, e incluso de provocar su muerte. También es llamado antifúngico.

RECUERDA:

De las miles de especies de mohos y levaduras conocidas, solamente unas 100 provocan padecimientos en el hombre y los animales. Las enfermedades fúngicas se clasifican de acuerdo a su localización. Las cutáneas se limitan a la epidermis, las subcutáneas penetran debajo de la piel y las sistémicas se diseminan a través de los órganos internos. Las micosis sistémicas son causadas tanto por hongos patógenos en sujetos sanos como por oportunistas en individuos inmunodeprimidos. Los hongos secretan distintos productos metabólicos poco comunes, algunos de los cuales, al ser ingeridos, provocan intoxicaciones. Por último, las esporas fúngicas causan alergias en los seres humanos.

RECUERDA:

La anfotericina B es un antibiótico poliénico lipofílico, que se une a los esteroles de las membranas celulares tanto de los hongos como las humanas, en donde deteriora la integridad de las mismas. El fluconazol tiene un efecto inhibidor en la enzima 14-α desmetilasa del citocromo P450, con la consecuente disminución de ergosterol (un constituyente esencial de la membrana del hongo).

8. BACTERIAS

Las bacterias (del griego βακτήριο "bastón") son microorganismos unicelulares y microscópicos, que se reproducen por división celular sencilla. Las células bacterianas son procariontes, es decir, su DNA no está confinado en el interior de un núcleo, sino libremente en el citoplasma. Las bacterias miden entre 1 y 10 µm de longitud. Habitan en casi todos los ambientes: aire, suelo, nieve y aguas termales. Algunas se encuentran en muchos alimentos y otras viven en simbiosis con plantas, animales y otros seres vivos. Se conocen unas 1 600 especies.

IMPORTANTE:

Características de las bacterias. Son organismos unicelulares microscópicos, cuyo material genético no está contenido por una membrana nuclear.

Clasificación tradicional

Las bacterias suelen clasificarse en base a varios criterios:

- *Morfología.* En cocos (forma esférica), bacilos (forma alargada elíptica), espirilos (forma helicoidal) y vibriones (forma de bastón encorvado) (figura 2-11).

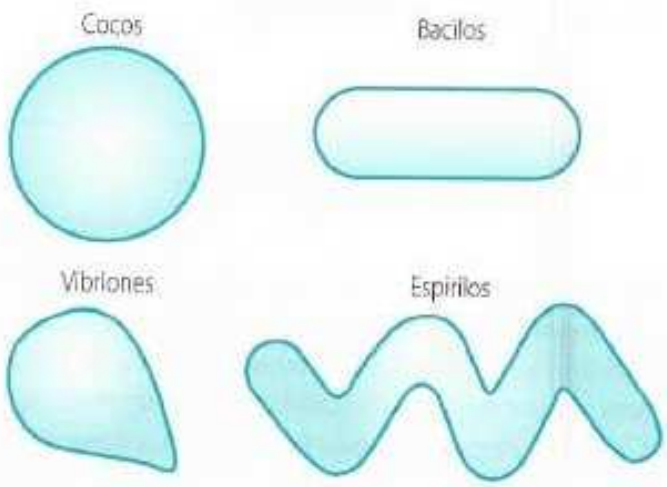


FIGURA 2-11. MORFOLOGÍA DE LAS BACTERIAS

- *Atmósfera.* En presencia de oxígeno para vivir (aerobias). En ausencia de oxígeno (anaerobias). En presencia o ausencia, o ambas, de oxígeno (facultativas).
- *Tinción.* Se denominan grampositivas a aquellas que retienen la coloración azul y gramnegativas a las que se visualizan de color rojo.

Clasificación taxonómica

La agrupación se basa en las características de la pared celular (cuadro 2-7).

CUADRO 2-7. CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA DE LAS BACTERIAS SEGÚN LA PARED CELULAR

División	Característica	Ejemplo
Gracilicutes	Incluye a las bacterias con pared celular delgada del tipo gramnegativas	*Escherichia coli*
Firmicutes	Tienen paredes celulares gruesas del tipo grampositivas	*Clostridium botulinum*
Tenericutes	Carecen de pared celular	*Mycoplasma pneumoniae*
Mendosicutes	Tienen paredes celulares poco comunes, formadas por materiales distintos a los típicos peptidoglucanos bacterianos	*Methanococcus jannischii*

IMPORTANTE:

Clasificación de las bacterias. Según su forma son cocos, bacilos, espirilos y vibriones. De acuerdo a la tinción de Gram son positivas o negativas.

Estructura de las bacterias

Una típica célula bacteriana contiene las siguientes secciones (figura 2-12):

- *Glucocálix.* Es una capa de material viscoso compuesta por polímeros de azúcares. El glucocálix firmemente unido a la pared celular se denomina *cápsula;* el que no está bien unido se nombra capa *mucilaginosa.* Según la especie bacteriana, el glucocálix sirve para adherencia, resistencia a la desecación, material de reserva, patogenicidad y virulencia.
- *Pared celular.* Es una capa rígida que separa a la bacteria del medio que la rodea. Posee un heteropolímero conocido como peptidoglucano, constituido por subunidades alternadas de N-acetilglucosamina y ácido N-acetilmurámico enlazadas por puentes peptídicos. El peptidoglucano o mureína controla la rigidez y fuerza mecánica, la resistencia a la lisis osmótica y la forma bacteriana.

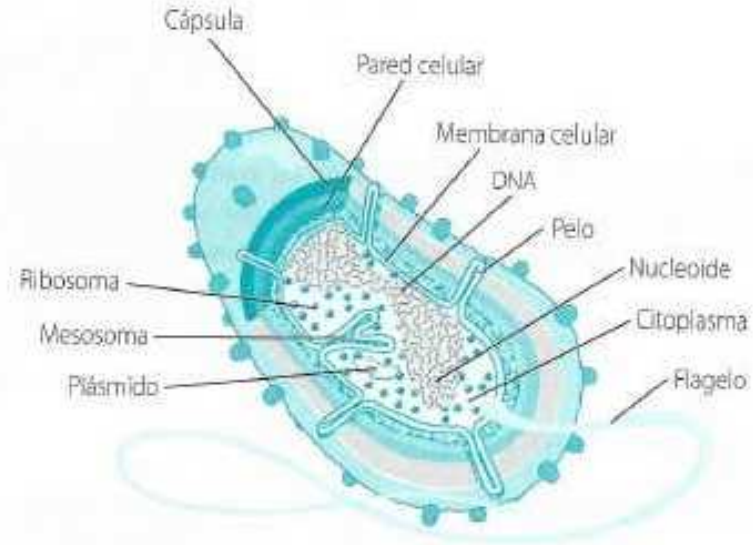


FIGURA 2-12. PARTES DE UNA BACTERIA

- *Periplasma*. Espacio entre la pared celular y la membrana citoplasmática.
- *Membrana citoplasmática*. Consiste en una estructura laminar que envuelve la célula. Está compuesta fundamentalmente por una bicapa de fosfolípidos donde se intercalan las proteínas. La función elemental de la membrana plasmática reside en mantener el medio intracelular diferenciado del extracelular. El componente proteínico realiza funciones receptora, transportadora y estructural.
- *Mesosoma*. Invaginación contorneada de la membrana celular, que tiene gran importancia en la división celular y la reparación de la célula.
- *Citoplasma*. Es una solución coloidal espesa, que contiene elementos nucleares, inclusiones citoplasmáticas (vacuolas, vesículas, etc.) y ribosomas. En este líquido tienen lugar reacciones químicas, tales como la síntesis del material celular a partir de los nutrientes.
- *Ribosomas*. Son orgánulos sin membrana, se encuentran libres en el citoplasma o asociados a la parte interna de la membrana citoplasmática. El ribosoma consta de dos subunidades que se ensamblan y trabajan juntas para sintetizar proteínas, a partir de la información genética transcrita en forma de RNAm.
- *Inclusiones*. Son depósitos de diferentes sustancias químicas insolubles en el citoplasma.
- *Gránulos de volutina*. Estructuras que acumulan fosfato cuando está interrumpida la síntesis de ácidos nucleicos.
- *Material genético*. Está formado por una hebra doble de DNA circular. Este material nuclear no se distribuye al azar en el citoplasma, sino en una zona particular denominada región nuclear o nucleoide y parece estar unido a los mesosomas. Asimismo, pueden existir plásmidos y transposones que son elementos extracromosómicos compuestos de DNA.
- *Flagelos*. Son filamentos helicoidales, que constan de tres partes: cuerpo basal, gancho y filamento. Están compuestos por una proteína llamada flagelina. Son estructuras de locomoción; es decir, controlan la movilidad de las bacterias en los líquidos.
- *Fimbrias (filamentos o pelos)*. Son apéndices rígidos no helicoidales, localizados en la superficie de muchas bacterias. Están formados por subunidades de la proteína pilina. Hay dos tipos de fimbrias, cada una con una función definida: las adhesivas favorecen la adherencia a las superficies, y las sexuales ayudan a la conjugación bacteriana.
- *Endosporas*. Es una célula bacteriana en reposo muy resistente a condiciones desfavorables tales como calor, desecación y agentes químicos. Estas formas son metabólicamente inactivas, pero bajo condiciones ambientales apropiadas pueden germinar para producir una célula vegetativa única. Las endoesporas contienen grandes cantidades de ácido dipicolínico, que les dota de una gran termorresistencia. Las esporas bacterianas se usan como protección, al contrario de las esporas fúngicas que se usan para reproducción.

IMPORTANTE:

Partes de una bacteria. Contienen glucocálix, pared celular, membrana citoplasmática, citoplasma, ribosoma, gránulos, material genético, flagelos, cilios y endosporas.

Nutrición bacteriana

La nutrición es el proceso por el que los seres vivos toman del medio donde habitan las sustancias químicas que necesitan para crecer. Las necesidades nutricionales básicas de las bacterias son: una fuente de carbono, una fuente de nitrógeno, fósforo, azufre y oligoelementos minerales.

La mayor parte de las bacterias son heterótrofas, es decir, necesitan materia orgánica como fuente de energía; al contrario de las bacterias autótrofas, que se pueden alimentar a sí mismas a partir de sustancias inorgánicas. Por otro lado, de acuerdo a su forma de vida, las bacterias se clasifican en saprófitas, simbiontes, comensales, mutualistas y parásitas. Las bacterias saprófitas crecen sobre materia orgánica muerta. Las simbiontes viven asociadas con plantas y animales, en donde ambos obtienen beneficios. Las comensales viven y se multiplican en los seres vivos sin causarles daño. Las mutualistas se asocian a otros organismos para poder sobrevivir. Las bacterias parásitas viven a expensas de otro ser vivo, del cual obtienen sus nutrientes. El conocimiento de las peculiaridades nutricionales de los microorganismos es muy útil para preparar medios de cultivo que impidan o inhiban el desarrollo de bacterias indeseables, permitan la diferenciación entre patógenos y no patógenos, o reúnan ambas condiciones.

Metabolismo bacteriano

En la célula bacteriana tiene lugar un conjunto integrado de reacciones químicas, que las habilita para extraer energía del medio. Esta energía se utiliza para sintetizar los bloques para producir macromoléculas esenciales, con el propósito de mantener los procesos vitales.

RECUERDA:

El metabolismo se realiza a través de sucesiones de reacciones catalizadas enzimáticamente, y se divide en anabolismo y catabolismo. El mecanismo que utiliza la bacteria para sintetizar sus propios componentes se denomina *anabolismo*, y el proceso de acciones degradativas de los nutrientes para obtener energía o para convertirlos en unidades precursoras de la biosíntesis se llama *catabolismo*.

En las bacterias de interés médico, los sistemas de oxidorreducción encargados de convertir la energía química de los nutrientes a formas biológicamente útiles, incluyen la fermentación y la respiración.

- La *respiración* es un proceso aerobio en el cual el oxígeno molecular actúa como receptor final de electrones y los productos terminales son H_2O y CO_2.
- La *fermentación* es un conjunto de reacciones catabólicas en las cuales los compuestos orgánicos sirven tanto de donadores primarios como de aceptores finales de electrones, y se producen ácidos orgánicos o alcoholes en vez de CO.

En ambas reacciones se genera energía en forma de trifosfato de adenosina (ATP). El ATP es el compuesto fosfato de alta energía más importante en los seres vivos, que es resultado de dos procesos diferentes: la fosforilación a nivel del sustrato y la fosforilación oxidativa.

Las bacterias quimiótrofas obtienen su energía por reacciones de oxidorreducción de compuestos orgánicos; en este caso, compuestos orgánicos como la glucosa también sirven como donadores de electrones. En cambio, las fotótrofas consiguen energía de la luz, aunque usan compuestos orgánicos como donadores de electrones. Esta energía la utiliza la bacteria para vivir y crecer.

IMPORTANTE:

Bioquímica bacteriana. Los procesos metabólicos posibles para la obtención de energía son diversos, así podemos encontrar bacterias heterótrofas, autótrofas, saprófitas, simbiontes, comensales, mutualistas, parásitas, quimiótrofas y fotótrofas.

Genética

El material genético de la bacteria está formado por una hebra doble de DNA circular. La función principal del DNA es mantener, a través de un sistema de claves, la información necesaria para que las células bacterianas hijas sean idénticas a las progenitoras. Del mismo modo, numerosas bacterias poseen plásmidos, los cuales llevan muchas veces la información genética requerida para proporcionarles resistencia frente a los antibióticos. Estos factores genéticos se replican de manera independiente a los cromosomas y no resultan esenciales en la reproducción.

Las bacterias pueden adquirir material génico a través de los siguientes mecanismos (figura 2-13):

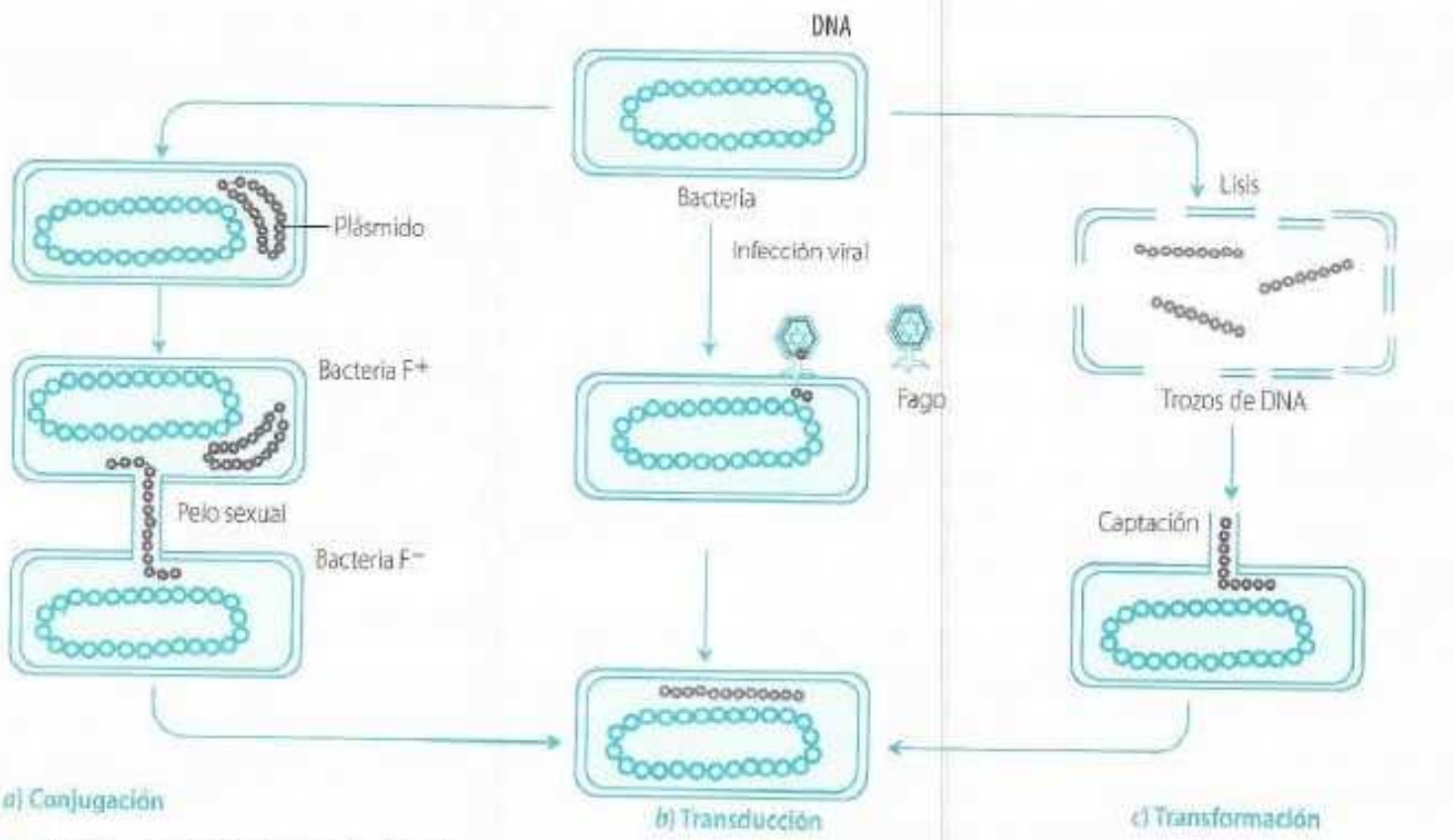


FIGURA 2-13. MECANISMOS DE RECOMBINACIÓN GENÉTICA

Biológica

Se origina por el ingreso de microorganismos a un alimento durante los procesos de almacenamiento, elaboración, cocinado o envasado. La contaminación biológica es la causa más común de enfermedad alimentaria, se debe tanto a la ignorancia como a la negligencia del preparador de alimentos. Además, cualquier impedimento para que los manipuladores desarrollen buenas prácticas higiénicas es un factor contribuyente de contaminación bacteriana.

Durante el 2010, se presentaron dos brotes por *Vibrio cholerae* asociados al consumo de arroz con pollo entre los asistentes a un par de reuniones en el noreste de Tailandia. El platillo posiblemente fue contaminado por un manipulador de alimentos infectado que sirvió como fuente de transmisión. El par de brotes consecutivos de cólera, causados por un mismo vehículo, ocurrió porque las medidas de control no fueron seguidas de manera adecuada.

IMPORTANTE:

Tipos de agentes contaminantes. Los agentes ajenos al alimento pueden ser físicos (materia), químicos (sustancias) o biológicos (microbios).

El principal inconveniente con la contaminación de los alimentos es que generalmente resulta imposible detectarla por medio de los sentidos; por ejemplo, no es factible percibir las bacterias o su reproducción a simple vista. Sólo en algunos casos se podría denotar una posible contaminación, como cuando el olor advierte la presencia de plaguicidas, o cuando se encuentran objetos extraños como un pedazo de vidrio o un tornillo en el comestible.

3. FORMAS DE CONTAMINACIÓN DE LOS ALIMENTOS

Se refieren a la manera en la que ocurre la contaminación del producto. La investigación de las formas de contaminación microbiana es una meta trascendental durante el estudio de epidemias de enfermedades transmitidas por alimentos y de problemas de descomposición de productos en las plantas procesadoras. Los mecanismos de contaminación se mencionan a continuación.

IMPORTANTE:

Mecanismo de contaminación. Es la forma en que se contamina el alimento.

Contaminación de origen

Es el proceso mediante el cual ingresan microbios al alimento natural, en el mismo momento en que se genera. La *contaminación de origen* es aquella que ya viene incluida en el comestible, ocurre tanto en productos de origen animal como vegetal. Por ejemplo, algunos tipos de *Salmonella* pueden infectar el ovario de las gallinas, de forma que luego el contenido interno del huevo aparentemente normal se puede contaminar con la bacteria, incluso antes de que se forme la cáscara. La fruta y legumbres frescas pueden portar gérmenes cuando se riegan con aguas contaminadas con estiércol de animales o por alcantarillado humano. Un brote por *Campylobacter jejuni* que afectó a cerca de 100 personas en Alaska, en 2008, se debió al consumo de guisantes frescos contaminados con heces de grullas.

Contaminación directa

Es el mecanismo más simple de contaminación; el microbio llega sin algún intermediario al alimento; por ejemplo, el contacto de alimentos crudos con productos cocidos durante el almacenamiento, o el goteo de los jugos de carne sobre los vegetales que se encuentran acomodados inadecuadamente en un nivel más bajo del refrigerador. Durante la contaminación directa, en conjunto con el comestible, pueden contaminarse los ingredientes, utensilios, maquinaria, envolturas y otros, que a su vez se convierten en nuevas fuentes y vehículos de contaminación (figura 3-2). En mayo de 2008, en Texas, se detectaron 1 017 infecciones por *Salmonella enterica* serotipo *Saintpaul*. Los chiles jalapeños fueron la fuente de este brote multiestatal; se contaminaron antes de su llegada a los restaurantes y se sirvieron en salsas frescas crudas.

Contaminación cruzada

Es el proceso mediante el cual son transportados microorganismos a través un tercero, desde un producto contaminado a un alimento sano (figura 3-3). El caso clásico se encuentra cuando se corta carne cruda con un cuchillo y posteriormente se rebana cualquier alimento cocido con el mismo utensilio. La contaminación cruzada se debe habitualmente a una maniobra inapropiada durante la preparación del alimento; sin embargo, en ocasiones no es muy evidente.

FIGURA 3-2. LA CONTAMINACIÓN DIRECTA OCURRE POR EL CONTACTO ENTRE LOS ALIMENTOS CRUDOS Y COCIDOS

FIGURA 3-3. LA CONTAMINACIÓN CRUZADA CONSISTE EN LA TRANSFERENCIA DE BACTERIAS DE UN ALIMENTO A OTRO A TRAVÉS DE UN INTERMEDIARIO

En la industria alimentaria, la restaurantera y el hogar, las superficies son importantes factores de la contaminación cruzada en los comestibles. La notificación de enfermedades causadas por la ingesta de alimentos que han estado en contacto con superficies, equipos y utensilios contaminados es frecuente. Durante 1998, en los Estados Unidos, 28 personas fueron infectadas por *Salmonella agona*. La salmonelosis se relacionó con el consumo de cereales para el desayuno. La investigación realizada por los *Centers for Disease Control* (CDC), encontró que posiblemente la vía de contaminación fue el equipo y las líneas de procesado.

IMPORTANTE:

Tipos de contaminación. De origen: los microbios ingresan en el alimento natural, mientras se desarrolla.

Directa: el microbio llega sin intermediarios al producto.

Cruzada: los microorganismos son transportados a través de un mediador, a partir de un comestible contaminado a un alimento sano.

4. MECANISMOS DE TRANSMISIÓN DE LOS MICROORGANISMOS

Hay elementos que contribuyen de manera crítica en el ingreso de los gérmenes al hombre y los alimentos:

Reservorios

Son sustratos a partir de los cuales los microorganismos se aíslan con regularidad y en donde suelen sobrevivir durante periodos largos. Un reservorio es cualquier animal, planta, suelo o materia donde normalmente vive y se multiplica el microbio, y del cual depende para su supervivencia. Por ejemplo, algunas especies de *Salmonella* y *Campylobacter* infectan primariamente animales y se transmiten al ser humano en los procesos alimentarios.

La *tularemia* es una infección común en roedores salvajes causada por la bacteria *Francisella tularensis*. Puede transmitirse al hombre por: contacto con sangre o tejidos de animales infectados, comer carne de conejo mal cocida, tomar agua contaminada, respirar polvo contaminado que contenga la bacteria, o recibir una mordedura de ciertas variedades de garrapatas. Durante los últimos 40 años, en Bulgaria, han ocurrido dos grandes epidemias de tularemia. En el segundo brote, de 1998 a 2003, se confirmó un total de 262 casos. La alta prevalencia de la forma bucofaríngea indujo a suponer que los seres humanos contrajeron la infección por vía alimentaria. El estudio indicó que la contaminación del agua y alimentos por roedores fue la principal fuente de infección en el hombre.

Fómites

Son objetos que circunstancial y temporalmente se encuentran contaminados por un microbio. Los trapos de limpieza que comúnmente se utilizan para limpiar en las cocinas, sirven para trasladar gérmenes de una superficie a otra. Una tabla de picar puede servir como fómite, cuando se usa para partir pollo crudo y luego papas cocidas. Asimismo, los fómites sirven para transmitir agentes infecciosos de una persona a otra. Es el caso de los cubiertos, cuando un enfermo comparte su comida con una persona sana.

Durante el 2012, en Washington, se investigó un brote por norovirus que afectó a nueve miembros de un equipo de fútbol. La enfermedad se asoció con el consumo de aperitivos envasados, que se habían almacenado en una bolsa reutilizable, en el baño del hotel. La contaminación de fómites a través del aire puede originar posteriores fuentes de transmisión. Entre las recomendaciones para evitar la propagación de gérmenes se pueden mencionar las siguientes: implementar baños exclusivos para los enfermos e informar al personal de limpieza sobre la necesidad de servicios adecuados de saneamiento ambiental en las superficies y fómites.

Vectores

Son aquellos organismos que pueden traspasar un microbio causal de enfermedad. Un vector puede trasladar al patógeno de manera interna o externa. La mosca doméstica es reconocida como un factor importante en la diseminación de varias enfermedades infecciosas, tales como cólera, shigelosis y salmonelosis. Las moscas que se posan sobre heces, recogen las bacterias con sus patas y las transfieren a algún alimento que se podría consumir. Por lo tanto, estos insectos también pueden servir como agentes intermediarios que provocan contaminación cruzada durante la elaboración de alimentos. En 1996, una epidemia de colitis hemorrágica fue

causada por *Escherichia coli* O157:H7, en una enfermería escolar de un área rural de Japón. La bacteria se aisló a partir de pacientes y moscas colectadas en el colegio. Se realizaron experimentos en donde se mostró que las EHEC-O157 ingeridas fueron portadas en el intestino de las moscas, hasta ser excretadas, al menos tres días después de su consumo.

IMPORTANTE:

Mecanismos de contagio. Reservorios: son sustratos en donde los microorganismos suelen sobrevivir durante periodos largos.

Fómites: son objetos que se encuentran contaminados por un microbio.

Vectores: son organismos que transmiten microbios patógenos.

Por otro lado, el traspaso de un germen de un individuo a otro por medio del contacto, por ingestión de agua y alimentos, o por vectores, se le denomina *transmisión horizontal*. En tanto que la transferencia de un patógeno de una mujer embarazada al feto, de una madre a su niño durante el nacimiento o alimentación al seno materno, se llama *transmisión vertical*. Un agente patógeno exitoso debe pasar de algún modo de su reservorio al próximo hospedero susceptible.

RECUERDA:

Al ingreso de microorganismos en los alimentos se le llama contaminación; mientras que la entrada de microbios en el individuo recibe el nombre de infección. Es decir, el hombre no se contamina, se infecta.

5. FUENTES DE CONTAMINACIÓN DE LOS ALIMENTOS

Los contaminantes están presentes en el medio ambiente, en las plantas, en los animales, en los insectos y en el propio hombre. La contaminación de alimentos se produce desde cualquiera de estas fuentes, a las cuales se van a incluir las operaciones de distribución, procesado y comercialización. Por lo tanto, una fuente de contaminación es la procedencia u origen del agente contaminante.

Agua

El agua en todas sus variedades puede ser un vehículo de gérmenes hacia los alimentos. El agua puede aportar agentes deterioradores, entre los que se incluyen: sicrótrofos, cromógenos, mucógenos, proteolíticos y lipolíticos. Además, si en el agua se encuentra materia fecal se convierte en una fuente potencial de prácticamente cualquier clase de microbio, incluidos patógenos como *Entamoeba histolytica, Aeromonas, Campylobacter jejuni, Plesiomonas shigelloides, Vibrio*, virus de hepatitis A, *Salmonella* y *Escherichia coli*.

El agua con microorganismos puede contaminar de varias formas a los alimentos. El agua potable de tuberías dañadas puede sufrir contaminación a través de fugas de agua en el conducto de drenaje. En ocasiones, el agua entra en contacto directo con los alimentos, lo que facilita la contaminación (p. ej., durante el lavado de verduras crudas). En otros casos, el agua es la materia prima en la elaboración de productos, tales como bebidas o salsas; por lo que el control de su pureza es de vital importancia.

En 1993, en Milwaukee, Wisconsin, se informó de un brote por *Cryptosporidium parvum* transmitido a través del agua para consumo humano. El protozoario afectó a más de 400 000 personas. Se produjo una contaminación del agua por heces de ganado vacuno. Es la epidemia de enfermedad asociada al consumo de agua más extensa en la historia de ese país. En 2009, un grupo de niños guatemaltecos presentó un cuadro de gastroenteritis aguda después de participar en una excursión escolar. La alta tasa de ataque, la detección de múltiples cepas de norovirus en los enfermos y la presencia de contaminación fecal indican que probablemente la transmisión fue a través del agua para beber.

Tierra

Es un importante reservorio de gérmenes. Los microbios contribuyen a la fertilidad del suelo mediante la degradación de la materia orgánica de restos de animales y plantas muertos, así como por la participación de algunas bacterias en la fijación del nitrógeno atmosférico. Habitualmente, en la tierra no se observa actividad microbiana, a menos que el grado de humedad rebase un límite; entonces, el desarrollo puede ser muy activo. El tipo y número de microorganismos en el suelo dependen de su composición, estación del año, clima, temperatura, pH, nivel de profundidad, humedad y exposición al sol.

Los géneros de hongos varían con el tipo de tierra y sus propiedades fisicoquímicas. Algunos son de vida libre y otros, como las *micorrizas*, coexisten en forma simbiótica con las raíces de plantas. Son comunes especies de los géneros *Aspergillus, Candida, Penicillium* y *Rhizopus*. Los mohos y levaduras alcanzan cifras cercanas a un millón por gramo en huertos en los que las frutas caen y permanecen largo tiempo sobre la tierra hasta el deterioro (figura 3-4).

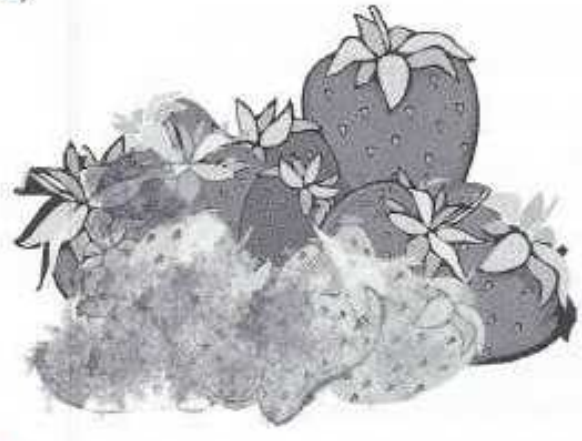


FIGURA 3-4. LOS MOHOS PRESENTES EN LA TIERRA DESCOMPONEN LAS FRUTAS Y VEGETALES

En general, el grupo más numeroso de bacterias en el suelo corresponde a los *actinomicetos, que* pueden sobrevivir en suelos desérticos. Los géneros más comunes son: *Streptomyces, Arthrobacter* y *Nocardia*. Igualmente, los géneros *Bacillus* y *Clostridium*, que juegan un papel significativo en la descomposición de los alimentos enlatados, se detectan fácilmente en la tierra.

Listeria monocytogenes se aísla de la tierra cultivada y no cultivada. En 1981, en Nueva Escocia, Canadá, surgió un brote que comprendió 41 casos asociados al consumo de ensalada de coles. En la granja productora, el vegetal se había contaminado por el contacto con la tierra, en la cual se utilizó como fertilizante materia fecal de borrego. Asimismo, se demostró que algunos de estos animales habían padecido listeriosis debida al consumo de forrajes contaminados.

Aire

Es el nombre que recibe la combinación de gases que forma la atmósfera de la Tierra. La superficie de la tierra es la fuente de los microorganismos en la atmósfera. El viento forma polvo del suelo y estas partículas transportan los gérmenes desde el suelo hacia el aire. Las esporas de hongos constituyen la mayor proporción de microorganismos en el aire. Asimismo, la evaporación del agua en los océanos puede acarrear microbios hasta la atmósfera.

La contaminación aérea en el interior de las plantas elaboradoras de alimentos depende de diferentes factores, tales como la atmósfera natural, sistemas de ventilación, actividad de los trabajadores, aire acondicionado y agua de drenajes destapados, entre otros. Es posible encontrar microbios asociados a la actividad humana. El hombre libera gérmenes hacia el ambiente cuando tose, estornuda o habla, los cuales se pueden dispersar y sedimentar sobre los comestibles y equipo de procesamiento. La contaminación por el aire resulta riesgosa, especialmente al envasar alimentos que ya no recibirán tratamiento térmico posterior (p. ej., la leche en polvo).

La forma primaria de transmisión de los rotavirus es la fecal-oral, aunque en secreciones del conducto respiratorio y otros líquidos corporales se han encontrado bajos títulos del virus. Dado que el virus es estable en el medio ambiente, la transmisión puede ocurrir a través de la ingestión de agua o comida contaminada, y mediante contacto con superficies contaminadas. En marzo de 2000, se presentó entre estudiantes de una universidad del Distrito de Columbia, en los Estados Unidos, un brote de gastroenteritis ocasionado por un rotavirus del grupo A. Algunos alumnos enfermos señalaron haber consumido sándwiches de ensalada de pollo o atún.

Utensilios

Las superficies que entran en contacto con los alimentos se pueden convertir en fuentes potenciales de contaminación. Es una responsabilidad permanente de los establecimientos que manejan comestibles incluir programas de limpieza y desinfección para mobiliario, equipo y utensilios. De manera muy general, el nivel de limpieza de una superficie que entra en contacto con alimentos listos para consumo, guarda relación con la concentración de microbios que presente una vez saneado. Los microbios pueden desarrollar ciertas propiedades que les permiten permanecer en las superficies de las áreas de preparación de los alimentos (**cuadro 3-1**).

CUADRO 3-1. CARACTERÍSTICAS DE LOS MICROBIOS RESIDUALES EN SUPERFICIES

Propiedad	Descripción
Adhesión	Algunos microbios poseen la facultad de adherirse activa y tenazmente a las superficies, proceso que habrá de interferir en el lavado y desinfección que luego se aplique.
Adaptación	Los microorganismos involucrados muestran un alto grado de ajuste al sustrato. De ahí que cuando se vuelven a poner en contacto con el alimento, rápidamente entran en operación e incrementan su número.
Actividad	La acción de los gérmenes, aun en superficies aparentemente limpias, se puede traducir en la generación de olores inaceptables.

En 2001, en Eccleston, Lancashire, Inglaterra, se presentaron 30 casos confirmados de infección por *Escherichia coli* O157. Las investigaciones microbiológicas confirmaron como la fuente del brote una balanza de carnicero (**figura 3-5**). La contaminación ocurrió entre carne cruda y cocida. Las deficientes prácticas higiénicas que se identificaron en el establecimiento, pudieron haber contribuido a la contaminación cruzada. Esta epidemia por *Escherichia* ilustra el alto riesgo que implica la manipulación de alimentos crudos y cocinados en la misma tienda.

Ingredientes

Las materias primas y los aditivos son decisivos en la calidad sanitaria de un alimento, por su contenido de microorganismos patógenos y deterioradores. En los productos cárnicos, como el chorizo y algunos tipos de salchichas, la calidad depende de la microflora que presente la carne cruda utilizada en su elaboración. Las bacterias lácticas de la carne cruda son la causa más común de

FIGURA 3-5. LAS SUPERFICIES DEL MOBILIARIO, EQUIPO Y UTENSILIOS INTERVIENEN EN LA CONTAMINACIÓN DEL COMESTIBLE

la descomposición de las salchichas cocidas empacadas al vacío. En la fabricación de alimentos térmicamente procesados, como las sopas y purés para bebés, es necesario seleccionar harina y azúcar sin presencia de esporas bacterianas.

En 1995, en Noruega, se presentó un brote de intoxicación alimentaria por estafilococo. La leche cruda de bovino usada en la preparación de patatas amasadas contenía *Staphylococcus aureus*, que subsecuentemente produjo suficiente enterotoxina H estafilocócica (SEH), para causar la enfermedad. En 1993, en Pensilvana, se identificó una gran epidemia entre comensales de un restaurante. Una salsa suave, la cual contenía cebollas verdes, fue preparada en grandes hornadas y servidas a todos los asistentes. Las cebollas verdes cultivadas en México, aparentemente fueron contaminadas antes de su arribo al establecimiento, lo que causó este brote inusual por el virus de la hepatitis A.

Fauna

La presencia de animales en establecimientos donde se producen o almacenan comestibles es incompatible con la buena calidad sanitaria. Se considera fauna nociva a todos los animales capaces de contaminar o destruir los alimentos, por acción mecánica o sus excretas. La fauna está constituida por artrópodos, insectos, roedores, aves, perros, gatos y otros. Su importancia sanitaria radica en el potencial que tienen para actuar como vehículos de microorganismos patógenos y de materia extraña.

El cerdo doméstico es una fuente importante de salmonelosis humana, mientras las moscas domésticas son potenciales vectores mecánicos de patógenos en los alimentos. En 2005, se hicieron 144 aislamientos de *Salmonella* en moscas y muestras de heces de cerdos procedentes de 11 granjas del noroeste de Taiwán. Un total de 71.5% de las cepas fue resistente a por lo menos tres antibióticos. Hubo un total de 14 serotipos, de los cuales ocho estuvieron presentes en las moscas y en las heces de los cerdos.

Humana

El hombre es un portador potencial de prácticamente todos los patógenos que pueden ser trasmitidos por alimentos. El manejador de alimentos o el consumidor, asintomático o sintomático, puede aportar microorganismos a partir de piel, uñas, mucosas nasal y bucofaríngea, secreciones broncopulmonares, contenido intestinal, orina, cabellos, barba y vellos.

Las manos son una de las vías de contaminación más frecuentes y peligrosas de microbios en los sitios de preparación de comestibles (figura 3-6). La inadecuada práctica de lavado y, en ocasiones, de desinfección propicia el ingreso de gérmenes patógenos a los alimentos. De las manos de personas sanas se han podido recuperar *Salmonella, Sthaphylococcus aureus, Rotavirus, Escherichia coli, Pseudomonas aeruginosa* y *Enterococcus faecalis*, entre otros patógenos.

En 1998, una epidemia de gastroenteritis aguda afectó a 125 estudiantes de una universidad de Texas. El padecimiento se asoció significativamente con el consumo de alimentos en la cafetería.

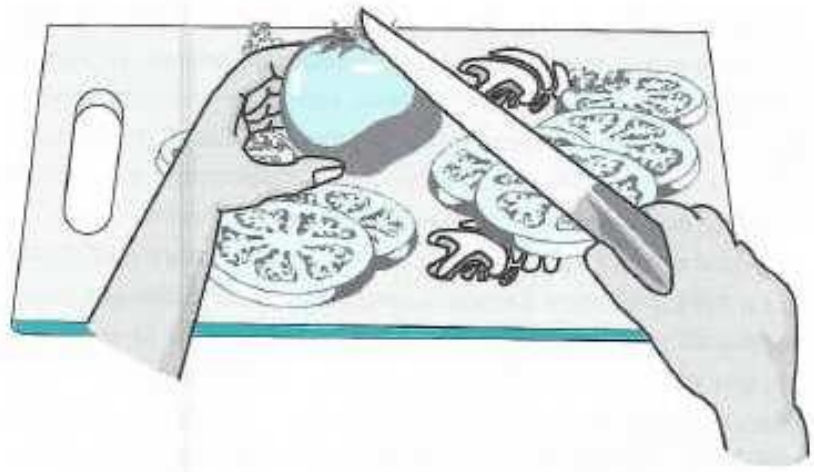


FIGURA 3-6. EL HOMBRE ES LA PRINCIPAL FUENTE DE CONTAMINACIÓN DE LOS ALIMENTOS

El análisis de heces y de jamón serrano mostró evidencia de virus tipo Norwalk. Un cocinero, quien preparó sándwiches para el desayuno, señaló que su hijo había sufrido diarrea acuosa justo antes del brote. Al parecer, la presencia del virus en el comestible se debió a algún artículo contaminado por parte del manipulador de alimentos.

IMPORTANTE:

Fuentes de contaminación. Es la procedencia u origen del agente contaminante.

Las fuentes pueden ser: agua, tierra, aire, utensilios, ingredientes, envases, fauna y el hombre.

RECUERDA:

Los tipos de contaminación se refieren a cuáles son las fuentes y de dónde vienen. Y los mecanismos a cómo llegaron los contaminantes al alimento.

Los microorganismos se encuentran en todas partes; sus pequeñísimas dimensiones favorecen su movilidad a través de insectos, roedores, envases, ropa, utensilios, equipo de trabajo, suciedad, residuos sólidos, moscas, agua no potable, aguas servidas, cocineros, materias fecales, productos contaminados, aire, y otros agentes. Por ello, pueden alcanzar e irrumpir en los alimentos procedentes de muy diversas fuentes. Asimismo, los gérmenes tienen una gran capacidad de adaptación, que les permite desarrollarse inclusive en entornos hostiles. Prácticamente, todos los comestibles están sujetos a contaminación y entre los que presentan mayor riesgo están las carnes, huevo, productos lácteos, quesos, verduras crudas, pescados y mariscos crudos.

6. SÍNTESIS CONCEPTUAL

- La contaminación es el ingreso de agentes extraños en el alimento. La contaminación abiótica se genera por la presencia de componentes ajenos de naturaleza química; en tanto, la contaminación biótica se produce por la existencia de agentes extraños de origen biológico en los comestibles. Los contaminantes pueden ser físicos, químicos o biológicos.
- Los mecanismos de contaminación son las formas en la que el producto puede contaminarse y se clasifican como: directo, de origen y cruzado. La fuente de contaminación es la procedencia u origen del agente extraño. Entre las principales fuentes se encuentran: agua, tierra, aire, utensilios, ingredientes, envases, fauna y el hombre.

Véase **Bibliografía** cap. 3 Mecanismos de contaminación de los alimentos
Véase **Actividades recomendadas** cap.3 Mecanismos de contaminación de los alimentos
Véase **Autoevaluación** cap. 3 Mecanismos de contaminación de los alimentos

alto, oxidado o positivo. Es el caso de la mayor parte de los hongos de interés en la microbiología de los alimentos y de algunas especies de bacterias como *Bacillus, Micrococcus* y *Pseudomonas aeruginosa.*

- *Anaerobios obligados.* Son aquellos que no usan O_2 molecular como aceptor de electrones en su metabolismo. El Eh debe ser muy negativo o reducido para su crecimiento. Algunos mueren rápidamente al contacto con el oxígeno. Entre las bacterias anaerobias obligadas están *Clostridium botulinum.*
- *Anaerobios facultativos.* Se desarrollan tanto a niveles altos como a bajos de Eh. Algunos microorganismos pueden usar al O_2 como aceptor de electrones. Entre los anaerobios facultativos están *Enterobacteriaceae,* corinebacterias y *Saccharomyces cerevisiae.* Son causa común de deterioro de muchos alimentos, incluidos los de Eh reducido.
- *Microaerófilos.* Éstos pueden usar al O_2 en su metabolismo, pero el desarrollo es limitado si se exponen a concentraciones altas de este gas. Una atmósfera microaerófila típica contiene 85% de N_2, 10% de CO_2 y 5% de O_2, la cual se utiliza, por ejemplo, en el cultivo de *Campylobacter jejuni.*

El potencial de oxidorreducción de un alimento es un factor selectivo del tipo y cantidad de microflora presente. Los límites del Eh pueden ir desde −420 mV para las cepas más anaeróbicas, hasta +300 mV para las aeróbicas. En otras palabras, los gérmenes aerobios requieren valores de oxidorreducción positivos, mientras que los anaerobios necesitan valores negativos. Cada tipo de microorganismo sólo puede vivir en un estrecho rango de valores de oxidorreducción. En resumen, el potencial de esta última indica las relaciones de oxígeno de los microorganismos vivos y puede utilizarse para especificar el ambiente en que un microbio es capaz de generar energía y sintetizar nuevas células, sin recurrir al oxígeno molecular.

IMPORTANTE:

Eh. Es la diferencia de potencial establecida por la concentración relativa de sustancias oxidantes o reductoras que contenga el alimento. Las bacterias aerobias requieren valores de oxidorreducción positivos, mientras que las anaerobias necesitan valores negativos.

Integridad

Se define como la calidad de ser íntegro. Desde el punto sanitario, se entiende como íntegro aquel alimento que no presenta alteración en ninguna de sus partes; es decir, permanece inalterado.

En los alimentos suele haber barreras físicas para evitar el acceso de los microorganismos.

- *Protección natural.* Son las cubiertas normales de ciertos alimentos; por ejemplo, la cáscara en huevos, el tegumento en frutas, y vainas en legumbres. En algunos casos, la estructura física del comestible contribuye a que no queden disponibles los nutrientes a los microbios. En las hojas de espinaca cruda no están accesibles los sustratos para el crecimiento de *Salmonella* o *Listeria monocytogenes.*
- *Protección artificial.* Son imitaciones de recubrimientos que tienen algunos alimentos; por ejemplo, envolturas de tipo plástico, aluminio, envases herméticos, capas de parafina. En algunos alimentos procesados, el recubrimiento con cera los protege contra la contaminación y desarrollo de microorganismos aerobios y ácaros.

IMPORTANTE:

Integridad. Es la capacidad de un alimento para permanecer inalterado. En los comestibles suele haber barreras físicas, tanto naturales como artificiales, para evitar el acceso de los microorganismos.

Nutrientes

Un nutriente es un producto químico exterior que necesitan las células para sus funciones vitales. Los microbios requieren ciertas sustancias básicas para mantener sus actividades metabólicas. Entre estas sustancias se incluyen el agua, una fuente de energía, nitrógeno, vitaminas y minerales. La mayor parte de los gérmenes metaboliza azúcares simples como la glucosa. Algunos pueden metabolizar carbohidratos más complejos, como el almidón o la celulosa encontrada en ciertas plantas.

Asimismo, la tasa de crecimiento es limitada por la disponibilidad de las sustancias nutritivas esenciales. Durante la preparación de alimentos, los procesos como cortar, picar, triturar y desenvainar destruyen las barreras físicas. Así, el interior del comestible se contamina y puede ocurrir el crecimiento microbiano, según las propiedades intrínsecas del alimento. En este caso, la regla elemental es que a mejor disponibilidad de nutrientes, mayor será la actividad microbiana.

En la mayor parte de los comestibles, la abundancia de sustratos nutritivos es suficiente para apoyar el crecimiento de una amplia gama de patógenos transmitidos por alimentos. Por lo tanto, es muy difícil y poco práctico para predecir el crecimiento del patógeno o la producción de toxinas en base a la composición nutritiva del alimento.

IMPORTANTE:

Nutrientes. Los microbios necesitan sustancias básicas para mantener sus funciones metabólicas; por ejemplo: agua, carbohidratos, nitrógeno, vitaminas y minerales.

3. FACTORES IMPLÍCITOS DE LOS MICROORGANISMOS

La microflora de un alimento tiene propiedades biológicas significativas que intervienen tanto sobre su crecimiento como en el predominio de algunas capas sobre otras. *Los factores intrínsecos microbianos son aquellas propiedades directamente relacionadas con las especies microbianas, su metabolismo y las relaciones que establecen.*

Estado fisiológico

Se refiere a las condiciones funcionales en que se encuentra un microorganismo durante una etapa específica de su vida. Las distintas manipulaciones a las que se somete el comestible pueden afectar el funcionamiento de los gérmenes. El tipo de daño celular depende de la clase de tratamiento; por ejemplo, la pared celular y su síntesis son alteradas por la desecación y la liofilización; la integridad y permeabilidad de la membrana se trastornan por el choque osmótico y los detergentes catiónicos; la síntesis de proteínas RNA y DNA es perturbada por el calor.

Los efectos de la aplicación de agentes físicos, químicos o biológicos sobre una población microbiana presente en un alimento son dependientes de la dosis, las condiciones de manejo, o la duración del proceso; por lo tanto, cuando un tratamiento se administra de manera inadecuada, puede provocar la aparición de efectos como el siguiente:

- *Daño subletal.* Es el deterioro previo a la muerte que sufre una bacteria, del cual se puede recobrar si termina el estímulo. La característica más notable de una bacteria dañada es su incapacidad para proliferar en medios de cultivo que contienen sustancias antimicrobianas, a concentraciones que son bien toleradas cuando la célula está íntegra. La presencia de daño subletal tiene dos consecuencias principales; primera, las células deterioradas podrían calificarse como muertas durante la determinación de resistencia al calor, los efectos del calentamiento serían sobreestimados y el proceso de calentamiento resultante sería inefectivo. Segunda, las células dañadas que escapan a la detección durante el periodo posterior al procesamiento, se podrían reparar y causar enfermedad una vez que el alimento sea consumido.

Al mismo tiempo, diversas especies o grupos microbianos tienen distinto potencial de supervivencia, lo cual llega a ser un parámetro decisivo para el desarrollo. En este sentido encontramos dos mecanismos de resistencia:

- *Viable pero no cultivable (VNC).* Es una estrategia de supervivencia para muchas bacterias no esporuladas como *Salmonella, Campylobacter, Escherichia, Shigella* y *Vibrio,* ante los cambios de temperatura, concentración de sal o exposición a sanitizantes. Durante la transición a este estado, las células con forma de bastoncillo se contraen y llegan a formar pequeños cuerpos esféricos. A una población entera de células vegetativas le toma desde dos días hasta algunas semanas para llegar a ser viable pero no cultivable. Debido al estado VNC, estos gérmenes son capaces de eludir el análisis convencional de los cultivos e indicar falsamente qué alimentos procesados, leche pasteurizada y agua potable son seguros. Se ha comprobado que las bacterias son hábiles para retornar a un estado infeccioso, cuando son inoculadas a animales de laboratorio.
- *Endosporas.* Éstas son formas de supervivencia de algunos grupos de bacterias frente a los efectos de diversos agentes, tales como el calor, desecación, radiación y sustancias químicas. Las endosporas o esporas bacterianas contienen un genoma y toda la maquinaria metabólica básica. La resistencia a las radiaciones se atribuye a los puentes disulfuro, formados por las cisteínas de las proteínas presentes en la cubierta externa. La resistencia frente a los productos químicos se debe a la impermeabilidad de la cubierta. La termorresistencia se explica por el bajo contenido de agua y la concentración incrementada de ácido dipicolínico. Las formas vegetativas de las bacterias esporuladoras, sometidas a 80 °C durante 10 min, mueren; mientras que las endosporas de ciertas especies resisten el calor húmedo de 120 °C durante 10 min, lo cual condiciona los parámetros para esterilizar muchos productos y materiales.

IMPORTANTE:

Estado fisiológico. Son las condiciones funcionales en que se encuentra un microbio durante una fase específica de su vida. Después de un tratamiento inadecuado sobre un alimento se pueden encontrar bacterias en estadio de daño subletal, viable pero no cultivable o endospora.

Adaptación al sustrato

El término *adaptación* se refiere a la característica que ha desarrollado un organismo mediante selección natural a lo largo de muchas generaciones, para solventar los problemas de supervivencia y reproducción a los que se enfrentaron sus antecesores. La aptitud para aprovechar la cantidad y el tipo de nutriente está determinada genéticamente y se manifiesta en todo microorganismo que existe en forma natural en el alimento.

En general, las bacterias grampositivas son más exigentes en sus requerimientos alimenticios, ya que no son capaces de sintetizar ciertas sustancias nutritivas necesarias para su crecimiento. Por ejemplo, *Staphylococcus aureus* requiere aminoácidos, tiamina y ácido nicotínico. Las frutas y las verduras son deficientes en vitamina B, consiguientemente no apoyan con eficacia el crecimiento de este patógeno. Por lo general, las bacterias gramnegativas son aptas para satisfacer sus exigencias básicas alimenticias a partir de los carbohidratos, proteínas, lípidos, minerales y vitaminas que se encuentran en una amplia gama de alimentos.

Usualmente, los gérmenes que predominan en los alimentos son aquellos que pueden utilizar con más facilidad las sustancias nutritivas presentes. Los carbohidratos simples y aminoácidos se utilizan primero, seguidos por las moléculas más complejas. La

complejidad es tal, que varios microorganismos pueden crecer al mismo tiempo en el alimento. La acumulación de productos metabólicos restringe el desarrollo de ciertas especies. En ocasiones, los metabolitos limitantes se utilizan como sustrato por otras cepas, que los usan parcial o totalmente, lo cual origina una asociación entre ambos microbios. La interacción continúa mientras los microorganismos mantengan su actividad metabólica; de tal modo que llegan a dominar la microflora del alimento, como consecuencia de este proceso dinámico.

IMPORTANTE:

Adaptación al sustrato. La aptitud para aprovechar la cantidad y el tipo de nutriente está determinada genéticamente y se manifiesta en todo microorganismo que existe en forma natural en un alimento.

Velocidad de crecimiento

El crecimiento se define como un incremento ordenado de todos los componentes de la estructura celular. El crecimiento microbiano incluye comúnmente un aumento en el número de células. La velocidad de crecimiento de un microorganismo es un factor que sólo se puede establecer en condiciones óptimas específicas. El control genético determina la duración de la fase de latencia, el tiempo de generación y la producción total de células, lo cual ocasiona cambios sustanciales y diferencias, inclusive entre individuos de la misma especie.

La habilidad que posee un microorganismo para competir es controlada por su velocidad de desarrollo. Algunos gérmenes proliferan más rápido porque tienen mayor eficacia en la utilización de nutrientes limitantes, lo cual les da una gran ventaja sobre los microbios de crecimiento lento. Esta situación tiene especial importancia cuando la contaminación ocurre a partir de utensilios o equipo que contienen residuos frescos y húmedos de los ingredientes que se van a procesar. El germen implicado se podría multiplicar sin demora, inclusive en fase logarítmica. Además, el crecimiento es todavía más favorable cuando el germen ha desarrollado resistencia contra algún inhibidor que forma parte de la formulación del producto. El crecimiento es un componente esencial de la función microbiana, ya que en la naturaleza cualquier célula tiene un periodo de vida finito y la especie se mantiene como resultado del crecimiento continuo de la población. El conocimiento de cómo las poblaciones bacterianas se amplifican rápidamente es muy útil para el diseño de métodos de control del crecimiento microbiano.

IMPORTANTE:

Rapidez del desarrollo. El crecimiento microbiano incluye aumento en el número de células. Algunos gérmenes proliferan más rápido porque tienen mayor eficacia en la utilización de nutrientes.

Asociaciones microbianas

Son las relaciones entre distintos tipos de microorganismos. Las siguientes formas de interacción que se presentan entre los gérmenes tienen interés especial en la microbiología de los alimentos:

- *Neutra*. Es la relación en donde la actividad de dos o más especies microbianas no se afecta.
- *Positiva o sinergismo*. Es la relación en donde la actividad de un microorganismo favorece la acción de otro. Por ejemplo:
  - Algunos hongos y bacterias degradan el ácido benzoico, ácido sórbico, nitritos y fenoles. La inactivación de estos compuestos antimicrobianos beneficia la supervivencia de otros microbios presentes en el alimento.
  - En temperaturas tibias, *Clostridium perfringens* puede disminuir el potencial de oxidorreducción de los tejidos de animales recién matados, lo cual favorece aún más el desarrollo de gérmenes anaeróbicos obligados.
  - En el yogurt, *Lactobacillus bulgaricus* degrada la caseína, con lo que proporciona péptidos y aminoácidos a *Streptococcus thermophillus*; el cual, a su vez, estimula el crecimiento del lactobacilo a través de la producción de ácido fórmico y dióxido de carbono.
  - El crecimiento de hongos sobre alimentos ácidos incrementa el pH y así se estimula el desarrollo de *Clostridium botulinum*.
  - El desarrollo de microorganismos xerótrofos (p. ej., *Aspergillus penicillioides* y *Penicillium roqueforti)* se acompaña de la generación de agua. El aumento concurrente de la Aw en los microambientes implicados permite la actividad de microbios con una tolerancia menor para prosperar en condiciones limitadas de agua biológicamente disponible.
- *Negativa* o antagonismo. Es la relación en donde el desarrollo de un microorganismo no favorece la actividad de otro. Por ejemplo:
  - Los coliformes y *Pseudomonas* pueden ocasionar agotamiento de nutrientes en algunos alimentos. Por lo tanto, la carencia de ciertos aminoácidos esenciales inhabilita el crecimiento de *Staphylococcus*.
  - Las bacterias lácticas, como *Lactobacillus reuteri*, se utilizan para fermentar ciertos productos. Estos microorganismos pueden liberar una amplia variedad de metabolitos primarios y secundarios, tales como ácidos orgánicos, diacetilo, CO_2 y antibióticos, que tienen una acción inhibidora sobre otros gérmenes.
  - La microbiota natural de tartas congeladas suspende la actividad de células de *Sthapylococcus aureus*, *Escherichia coli* y *Salmonella typhimurium* inoculadas en el producto.
  - La cepa *Fusobacterium mortiferum* produce una sustancia tipo bacteriocina, que inhibe la colonización de *Salmonella enteritidis* en los intestinos de aves de corral.
  - *Lactobacillus acidophilus* ejerce una actividad inhibidora contra *Salmonella enteritidis*, por lo cual se estudia para el control sanitario de pescado, como la sardina.

IMPORTANTE:

Sociedades microbianas. Las relaciones entre diferentes tipos de microorganismos pueden ser nulas, sinérgicas o antagónicas.

4. FACTORES EXTRÍNSECOS

Los *factores extrínsecos son aquellos elementos que conforman el medio ambiente y que afectan tanto a los microbios como al alimento*. Estos agentes externos se pueden relacionar con la manipulación y almacenaje de los comestibles.

Temperatura

La temperatura es la medida del calor. Las reacciones biológicas fundamentales son dependientes de la temperatura y, por ello, influyen de manera decisiva en el desarrollo y la viabilidad de los microorganismos (figura 4-1).

- *Bajas temperaturas.* Las temperaturas bajas prolongan las fases lag y logarítmica de las bacterias. Además, el valor máximo en la curva de crecimiento se afecta. La temperatura mínima observada para el crecimiento bacteriano es de −8 °C; la máxima es algo más de 100 °C, aunque en los alimentos no se encuentran gérmenes con ese valor extremo.

  Los microbios reaccionan a las bajas temperaturas por medio de un incremento en la proporción de los ácidos grasos saturados. Igualmente, se presentan tasas de reacción muy lentas para las enzimas individuales del microorganismo. La fluidez de la membrana citoplasmática se reduce, lo cual interfiere con los mecanismos de transporte de nutrientes. Estos eventos pueden detener el crecimiento bacteriano.

  En general, una temperatura menor a 5 °C se considera adecuada para la preservación de alimentos perecederos. Sin embargo, si en un producto tuviéramos inicialmente 50 bacterias/g, éstas alcanzarían una concentración de casi 10 millones/g en sólo ocho días, cuando se refrigera a 4 °C. A una temperatura mayor a la máxima, los cambios en la velocidad de crecimiento son mínimos, y a partir de ésta pronto se alcanzan condiciones de daño subletal.
- *Altas temperaturas.* Las temperaturas altas afectan el desarrollo y viabilidad de los gérmenes. Un aumento leve de la temperatura estimula la tasa de crecimiento microbiano dentro de ciertos límites. A partir de un valor más o menos específico para un microorganismo y las condiciones de otros factores ecológicos, incluidos la composición del sustrato, se inicia un proceso progresivo de desvitalización de las células; reversible primero, pero posteriormente letal.

  Los componentes estructurales de la célula son desnaturalizados irreversiblemente, en temperaturas superiores a los 80 °C. Asimismo, se inactivan las enzimas sensibles al calor. Los sitios críticos de la bacteria implicados en la muerte ante temperaturas altas, son la membrana citoplasmática y el DNA. La muerte por efecto de las altas temperaturas sigue un patrón logarítmico. Si se esquematiza el número de sobrevivientes contra el tiempo de calentamiento a una temperatura definida, se obtiene una línea recta.

  La inactivación de gérmenes es una práctica común a través de la cual se consigue la inocuidad de un alimento. La aplicación de niveles extremos no siempre es posible, de manera que se recurre a temperaturas inferiores a las cuales se espera destruir los microorganismos de interés. La exposición de los microbios a temperaturas altas, pero subletales, induce una población de células con mayor resistencia.

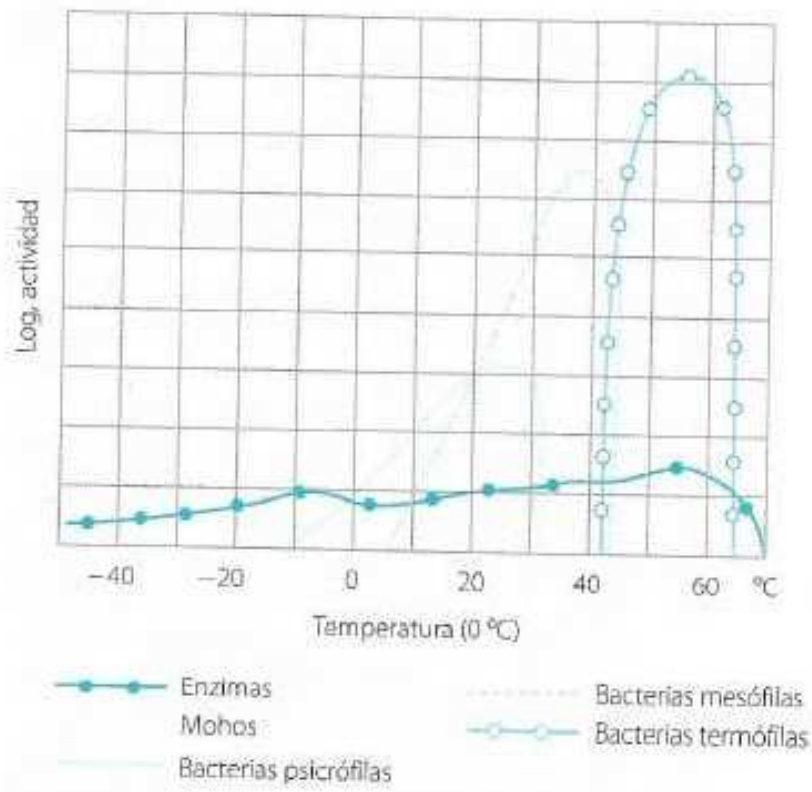


FIGURA 4-1. TASA DE CRECIMIENTO BACTERIANO SEGÚN LA TEMPERATURA

IMPORTANTE:

Temperatura. Las funciones biológicas microbianas dependen de la temperatura. Las temperaturas bajas extienden las fases lag y logarítmica. Las temperaturas altas perturban el desarrollo y viabilidad de los gérmenes.

Humedad relativa

La humedad es la cantidad de vapor de agua contenida en el aire, en un lugar e instante determinados. El nivel de humedad en el ambiente promueve la actividad microbiana sobre la superficie de los alimentos. La humedad relativa que rodea al alimento es importante porque puede afectar la actividad de agua del producto. Por ejemplo, si un alimento ajustado a un nivel de Aw bajo se lleva a un ambiente húmedo, el agua se deposita, lo cual permite el desarrollo de los gérmenes hasta entonces inhibidos. Este incidente se acentúa en el caso de los microorganismos aerobios. Por otro lado,

si aumenta la temperatura, el nivel de humedad relativa disminuye, pero podría ocasionar la desecación del comestible.

Generalmente, los productos alimentarios que dependen de cierta Aw para su seguridad o duración, tendrán que ser almacenados en un ambiente que no cambie mucho esta característica. Los alimentos eventualmente entran en equilibrio con la humedad de su entorno. Así, los procesadores y distribuidores tienen que proveer las condiciones de almacenaje apropiadas para considerar este suceso.

IMPORTANTE:

Humedad relativa. El nivel de humedad en el ambiente promueve la actividad microbiana sobre la superficie de los alimentos.

Atmósfera

La *atmósfera* es la envoltura gaseosa que rodea a la Tierra. El comportamiento de los microbios en un comestible se afecta por el tipo y la concentración de gases en la atmósfera que les rodea. Por lo tanto, el control de la composición atmosférica se puede utilizar en la preservación de un alimento. Pero, es indispensable comprender el tipo de microorganismo potencialmente causal del deterioro y la composición de la atmósfera más propicia para retardar o inhibir su crecimiento.

Los gases que afectan el metabolismo microbiano en condiciones ordinarias son:

- *Oxígeno.* Estimula el desarrollo de las bacterias aerobias estrictas como las del grupo de *Pseudomonas* y los hongos. En ausencia del gas, unos y otros se inhiben; análogamente se favorece el desarrollo de anaerobios. Las enzimas catalasa y superóxido dismutasa protegen a los microorganismos aerobios y facultativamente anaerobios contra los efectos tóxicos del oxígeno.
- *Dióxido de carbono.* La acción del CO_2 es algo más compleja debido a las diferentes respuestas que induce entre los microbios. Ciertos gérmenes se inhiben, otros no se afectan, y todavía en unos terceros se observa una estimulación de su desarrollo. En general interfiere con el crecimiento de hongos y bacterias aerobias estrictas (especialmente gramnegativas), algunas de las cuales provocan el deterioro de alimentos con alto contenido de humedad.
- *Dióxido de azufre.* La actividad antimicrobiana se relaciona con las formas moleculares no ionizadas. No se conoce el modo de acción, aunque este gas es muy reactivo y probablemente interacciona con muchos componente celulares. Las bacterias son muy resistentes al gas, por lo que se utiliza con mucha frecuencia como antifúngico.
- *Óxido de etileno.* Este gas resulta muy tóxico para los microorganismos y su actividad se relaciona con su acción como agente alquilante. Los mohos y levaduras son los más sensibles, luego las bacterias y después las endosporas.

Hay varios factores que influyen en la eficacia de las atmósferas antimicrobianas. Entre ellos se incluyen la temperatura del producto, la proporción de volumen del gas según el área de almacenaje, cargas microbianas iniciales y tipo de flora, propiedades de las cubiertas protectoras y la composición bioquímica del alimento. El principio de preservación con atmósferas antimicrobianas se ha aplicado a frutas, verduras, ternera cruda, pollo, pescado, leche, requesón, huevo y una variedad de productos "listos para comer".

IMPORTANTE:

Atmósfera. Los gases que afectan el metabolismo microbiano en condiciones ordinarias son oxígeno, dióxido de carbono, dióxido de azufre y óxido de etileno.

Interrelaciones

El conocimiento de la influencia que tienen los factores ecológicos sobre los microorganismos adquiere valor objetivo en los alimentos, cuando se les considera de manera dinámica con sus inevitables efectos interdependientes.

En condiciones óptimas, un microbio resulta reprimido si se lleva uno de los factores a situaciones progresivamente extremas. Cuando se considera el efecto simultáneo de dos de ellos, se observa que, en la medida en la que uno de ellos se aproxima al óptimo, la tolerancia al otro factor se incrementa. Por ejemplo, en la industria dulcera y chocolatera con frecuencia se utilizan materias primas como cocoa, leche, huevo, ciertos colorantes y coco, que pueden contener *Salmonella*. Ordinariamente, sólo reciben un tratamiento térmico moderado, lo cual resulta insuficiente para inactivar las bacterias, toda vez que se encuentran en un medio con baja actividad que les confiere mayor resistencia. En un alimento con pH de 5.0, la Aw mínima para el desarrollo de *Salmonella* podría ser 0.986. Si fuera necesario, hay que reformularlo con pH de 5.8, lo que favorecería su crecimiento, pero habría que disminuir la Aw por debajo de 0.971 para evitarlo.

RECUERDA:

La demanda del consumidor por el uso de factores intrínsecos (p. ej., la acidez y sal), como los únicos medios para inhibir los microbios en los alimentos, ha disminuido. En lugar de establecer un sólo parámetro ambiental hasta el límite extremo del crecimiento, la tecnología de múltiples obstáculos optimiza varios factores. Por ejemplo, en el procesamiento tradicional se usa individualmente un pH de 4.6 o una actividad de agua de 0.85 para evitar el crecimiento de patógenos; mientras que en la tecnología de barreras se puede obtener inhibición similar con el uso simultáneo de un pH de 5.2 y Aw de 0.92 en los productos.

Asimismo, como en el caso de la leche, los factores que afectan el crecimiento de los microorganismos son múltiples. En un pH de 6.6 sólo crecen determinados microorganismos. En la leche, la actividad de agua es de 0.99; por lo cual muchos mohos y levaduras no crecen al ser una Aw muy alta. Los microbios al multiplicarse liberan electrones y consumen O_2, lo que ocasiona una disminución en el potencial de oxidorreducción, que conduce a un cambio en la flora microbiana, y los gérmenes en desarrollo pasan de aerobios a anaerobios. La leche tiene un alto contenido de aminoácidos, por lo que los microbios que no sinteticen proteasas no podrán crecer. Consecuentemente, algunas bacterias como *Streptococcus* y *Lactobacillus* establecen relaciones simbióticas para evitarlo. Otros factores que intervienen son las aglutininas y los sistemas antimicrobianos como la lactoferrina, inmunoglobulinas y lactoperoxidasa-tiocianato .

IMPORTANTE:

Interacciones. La acción simultánea de dos factores ecológicos sobre un microbio es disímil. En la medida que uno de ellos se aproxima al óptimo, la tolerancia al otro se incrementa.

El conocimiento de cada uno de los factores ecológicos y sus interacciones es esencial para evaluar niveles de riesgo en los comestibles, en lo referente a las pérdidas de frescura e inocuidad. Por otra parte, son la base del desarrollo de tecnologías usadas en la preservación de los alimentos.

5. SÍNTESIS CONCEPTUAL

- El desarrollo de los microbios en los alimentos depende de las propiedades del comestible, de las características del microbio y de su medio ambiente.
- Los factores intrínsecos son aquellos elementos que forman parte integral de un comestible, a saber: los agentes antimicrobianos, el potencial de hidrógeno, la actividad acuosa, el potencial de oxidorreducción y la integridad.
- Los factores implícitos son aquellos relacionados con las especies microbianas, su metabolismo y las relaciones que establecen; por ejemplo: el estado fisiológico, la aptitud para aprovechar nutrientes, el crecimiento microbiano y las asociaciones.
- Los factores extrínsecos son aquellos elementos que conforman el medio ambiente que afecta tanto a los microbios como al alimento. Estos agentes externos son: la temperatura, el nivel de humedad y la atmósfera.

Véase **Bibliografía** cap. 4 Factores ecológicos que determinan el comportamiento microbiano en los alimentos

Véase **Actividades recomendadas** cap. 4 Factores ecológicos que determinan el comportamiento microbiano en los alimentos

Véase **Autoevaluación** cap. 4 Factores ecológicos que determinan el comportamiento microbiano en los alimentos

ción y secreción de las células epiteliales intestinales, e inducen inflamación extensa en el intestino delgado. Asimismo, alteran la funcionalidad celular, inhiben la síntesis de proteínas y causan apoptosis.

IMPORTANTE:

Genética y sustancias producidas. Pueden adquirir resistencias antimicrobianas múltiples a través del intercambio de episomas o plásmidos. Los plásmidos controlan la producción de enterotoxinas, bacteriocinas y la expresión de cilios resistentes a la manosa. Pueden producir enterotoxinas y toxinas tipo *Shiga*.

Manifestaciones clínicas

El periodo de incubación de las infecciones entéricas es de 24 a 72 horas. Las cepas de *E. coli* enteropatógena son causa de epidemias de diarrea infantil en guarderías. *E. coli* enterotoxigénica origina brotes semejantes a los del cólera; la enfermedad se conoce como diarrea del "turista" o viajero (figura 6-8). *E. coli* enteroinvasivas están representadas por un grupo de cepas "tipo *Shigella*" que invaden la mucosa intestinal, destruyen las células epiteliales y originan disentería bacteriana. *E. coli* O157H7 causa colitis hemorrágica. La secreción de moco es una respuesta típica de las células intestinales afectadas por *E. coli* enteroagregativa. El grupo de *E. coli* enteroadherente se identifica como agente causal de diarrea acuosa. En ocasiones, se produce una complicación denominada *síndrome urémico hemolítico* (SUH), especialmente en niños menores de cinco años de edad y en ancianos. Es una forma de insuficiencia renal con anemia hemolítica y trombocitopenia.

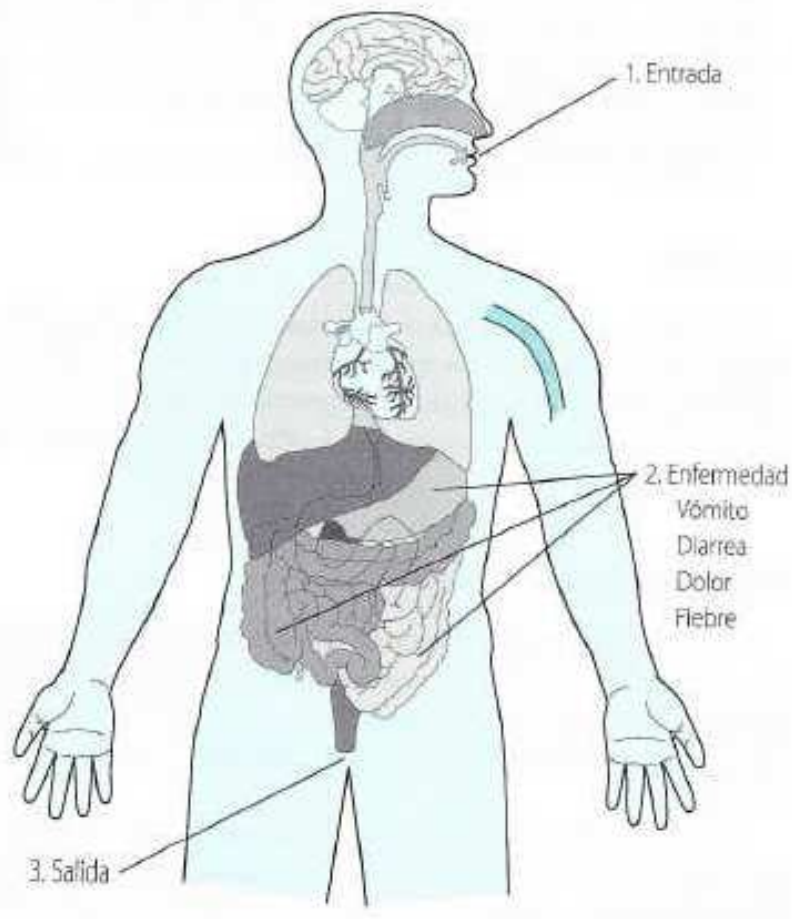


FIGURA 6-8. SINTOMATOLOGÍA DE LA INFECCIÓN POR *ESCHERICHIA COLI*

IMPORTANTE:

Sintomatología. La diarrea es súbita, intensa y a menudo con sangre. Otros síntomas pueden ser fiebre, gases, inapetencia, cólicos estomacales y a veces vómito.

Mecanismos patogénicos

Las fimbrias permiten a la bacteria colonizar la mucosa ileal. Las enterotoxinas citotóxicas inducen diarrea acuosa. Los factores de invasión codificados por plásmidos permiten la incursión en la mucosa y las enterotoxinas citotóxicas codificadas por bacteriófagos, inducen daño tisular; la presencia de cualquiera de estos factores provoca una reacción inflamatoria con influjo de linfocitos, lo cual ocasiona disentería. Las EHEC productoras de toxinas tipo *Shiga* (STX) colonizan la mucosa del colon; durante la invasión dañan el revestimiento de la pared intestinal, lo que produce la diarrea que muchas veces es hemorrágica.

En el síndrome urémico hemolítico, las STX entran a la circulación, se unen a sus receptores específicos globotriaosilceramida (Gb3) en las células endoteliales de los capilares glomerulares, y el endotelio se daña. Debido a la lesión celular probablemente se libera el factor de Von-Willebrand, que se une a los receptores específicos situados en las membranas plaquetarias, lo que induce la formación de microtrombos, la disminución de la luz capilar de los pequeños vasos y la aparición de una trombopenia. Las células endoteliales incrementan la liberación del inhibidor tipo 1 del plasminógeno activador, que inhabilita la acción fibrinolítica del plasminógeno activador e impide la lisis de los microtrombos formados. El efecto perjudicial de STX sobre las células endoteliales renales y de otros órganos se amplía por los lipopolisacáridos y el factor de necrosis tumoral alfa (TFN-α). Igualmente, las proteasas liberadas por los neutrófilos pueden contribuir al daño de las células endoteliales, lo cual explicaría la relación entre la intensidad de la neutrofilia y un mal pronóstico.

IMPORTANTE:

Patogenia. Las cepas enterohemorrágicas productoras de toxinas tipo *Shiga* (STX) colonizan la mucosa del colon, en donde dañan el revestimiento de la pared intestinal, que a su vez promueve la diarrea hemorrágica.

En el SUH, las STX entran a la circulación y se unen a los receptores Gb3 en las células endoteliales; los capilares glomerulares se dañan; el factor de Von-Willebrand se libera e induce microtrombos, que conducen a trombopenia.

Brote

En 1997, en Japón, se describió un brote masivo ocasionado por *E. coli* enteroagregativa, afectando a 2 697 niños de escuelas primarias; los síntomas consistieron en dolor abdominal, náuseas y diarrea intensa. Un brote de 24 casos de colitis hemorrágica fue identificado al este de Angola, en 1985; las papas preparadas en cocinas caseras se consideraron como vehículo de *E. coli* O157H7. En la Unión Americana, en 2004, se presentó un brote multiestatal de infecciones por *Escherichia coli* enterohemorrágica; cinco pacientes se hospitalizaron y tres desarrollaron síndrome urémico hemolítico, ninguno murió. El estudio caso-control encontró una asociación entre la enfermedad y el consumo de tacos de ternera en una cadena de restaurantes de comida rápida estilo mexicano. Una investigación inicial implicó al proveedor de ternera como el responsable; aunque la inspección de la granja no fue posible. Otros comestibles involucrados en enfermedad por *E. coli* son carne molida cruda o mal cocida, agua contaminada, leche y quesos sin pasteurizar, pasteles con crema y otros alimentos preparados.

IMPORTANTE:

Alimentos implicados en epidemias. Entre los comestibles involucrados en enfermedad por *E. coli* están carne molida cruda o mal cocida, papas caseras, agua contaminada, leche y quesos sin pasteurizar, pasteles con crema y otros alimentos preparados. En la Unión Americana, en 2004, se presentó un brote multiestatal, en donde tres pacientes desarrollaron síndrome urémico hemolítico. La posible causa fue el consumo de tacos de ternera estilo mexicano.

Tratamiento

La mayoría de las personas se recupera en 5 a 10 días sin necesidad de antibióticos. No existe evidencia de que los antimicrobianos mejoren la evolución de la enfermedad, y se cree que el tratamiento con algunos antibióticos puede precipitar complicaciones renales. *E. coli* son sensibles a uno o más antibióticos (p. ej., tetraciclinas, sulfamidas, cloranfenicol, ampicilina y cefalexina). En el síndrome urémico hemolítico se suelen necesitar transfusiones de sangre y diálisis renal.

Prevención

Las medidas higiénicas son las siguientes:

- Cocinar los alimentos a más de 60 °C.
- Usar agua potable (0.5 ppm de cloro residual).
- Promover el lavado de manos.
- Consumir sólo leche y productos lácteos pasteurizados.
- Evitar la contaminación cruzada.
- Cocinar totalmente toda la carne molida de res o hamburguesas.
- Refrigerar a 4 °C o menos.
- Procesar de manera apropiada las aguas residuales.

IMPORTANTE:

Medidas de higiene. Se recomienda cocinar los alimentos a más de 60 °C; usar agua potable; promover el lavado de manos; evitar la contaminación cruzada; refrigerar a 4 °C o menos, y procesar de manera adecuada las aguas residuales.

5. *CAMPYLOBACTER JEJUNI*

La palabra *Campylobacter* deriva del griego *Campylo*, que significa curvado, y *bacter*, que significa bastón; se acuñó así para distinguir este género de vibriones de aspecto idéntico.

Morfología y estructura

Son pequeñas bacterias curvadas en forma de espirales o sacacorchos, no esporuladas; su tamaño varía entre 0.2 a 0.8 µm de ancho y 1.5 a 5 µm de largo (**figura 6-9**). Es una bacteria gramnegativa y muestra motilidad rápida gracias a flagelos polares o bipolares. *Campylobacter jejuni* es un microaerofílico obligado. Se han identificado por lo menos 90 serotipos de *Campylobacter* en base al antígeno somático (O) y más de 50 serotipos en base a los antígenos capsulares y flagelares; estos últimos pueden experimentar variación de fase.

Clasificación

Campylobacter jejuni está incluido en la familia *Campylobacteraceae*. Las especies de este género, señaladas como patógenas humanas, son *C. fetus*, *C. faecalis*, *C. coli* y *C. laridis*.

RECUERDA:

E. coli es la bacteria gramnegativa asociada con más frecuencia a infecciones extraintestinales. Estas cepas se denominan ExPEC (*Escherichia coli* patogénica extraintestinal), se encuentran muy a menudo en la flora normal intestinal del individuo, sin causar gastroenteritis. La bacteria produce diversas enfermedades extraintestinales: infecciones en vías urinarias; bacteriemia y sepsis adquirida en la comunidad; meningitis y sepsis neonatal; infecciones intraabdominales y neumonía nosocomial; ocasionalmente osteomielitis, celulitis e infecciones de heridas.

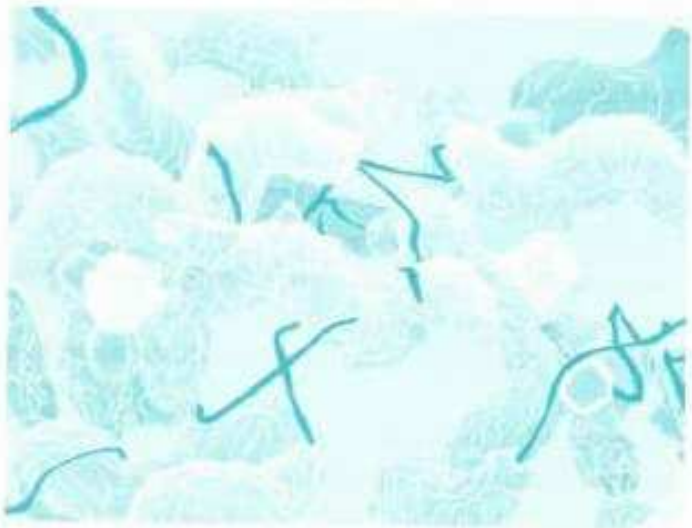


FIGURA 6-9. MORFOLOGÍA DE *CAMPYLOBACTER JEJUNI*

Ecología

Es huésped normal en los intestinos de muchos animales de sangre caliente, ya sea domésticos o silvestres (p. ej., aves de corral, cerdos, vacas, ovejas, avestruces, mariscos, perros y gatos). Existe en las aves silvestres y migratorias acuáticas, lo cual es de particular importancia porque estos pájaros pueden introducir al microorganismo en las aguas superficiales y en los alimentos de los animales domésticos usados para el consumo humano. Las bacterias son ubicuas en la naturaleza, se encuentran frecuentemente en el medio ambiente y en muchos alimentos crudos.

Mecanismo de transmisión

La transmisión se presenta por la vía fecal-oral, y a través de alimentos y agua contaminados. Los gérmenes se eliminan con las heces de animales domesticados en apariencia sanos. Se ha señalado que de 50 a 100% de pollos, patos y vacunos excretan *Campylobacter jejuni*. Además, los microorganismos se pueden aislar con facilidad en aguas superficiales. Las carnes provenientes de animales infectados con frecuencia se contaminan con el contenido intestinal durante el proceso de sacrificio de los animales. La enfermedad también se contrae por el contacto con animales infectados.

IMPORTANTE:

Campylobacter jejuni. Son pequeños espirilos, no esporulados, gramnegativos, con flagelos polares o bipolares. Se encuentran en el medio ambiente y en muchos alimentos crudos. Son huéspedes normales del intestino de muchos animales. Las vías de transmisión son los alimentos, agua o hielo contaminados y el contacto con agua para actividades recreativas.

Genética

Tiene un cromosoma circular, cuya secuencia completa contiene 1.64 millones de pb de longitud, con 25 regiones polimórficas. El genoma es inusual, ya que prácticamente no hay secuencias de inserción o sucesiones asociadas a fagos y tiene muy pocas secuencias de repetición. Los plásmidos regulan la resistencia múltiple ante diferentes antibióticos.

Productos extracelulares

Enterotoxina. Es una exotoxina termolábil que tiene un mecanismo de acción similar al de la toxina colérica, causa diarrea secretora al estimular la actividad de adenilciclasa en las mucosas intestinales.

Citotoxina. Es una exotoxina que afecta algunos tipos celulares.

IMPORTANTE:

Genética y sustancias producidas. Los plásmidos regulan la resistencia múltiple frente a antibióticos. Pueden producir enterotoxina y citotoxina.

Manifestaciones clínicas

El periodo de incubación para la gastroenteritis inducida por *Campylobacter* varía de dos a cinco días y la duración de la enfermedad se puede extender hasta 10 días. Algunos de los síntomas de la campilobacteriosis son: fiebre (algunas veces mayor de 40 °C), dolor abdominal y de cabeza que suelen preceder a los episodios de diarrea (figura 6-10). Las heces rápidamente se vuelven líquidas y de olor muy desagradable. Al segundo y tercer días,

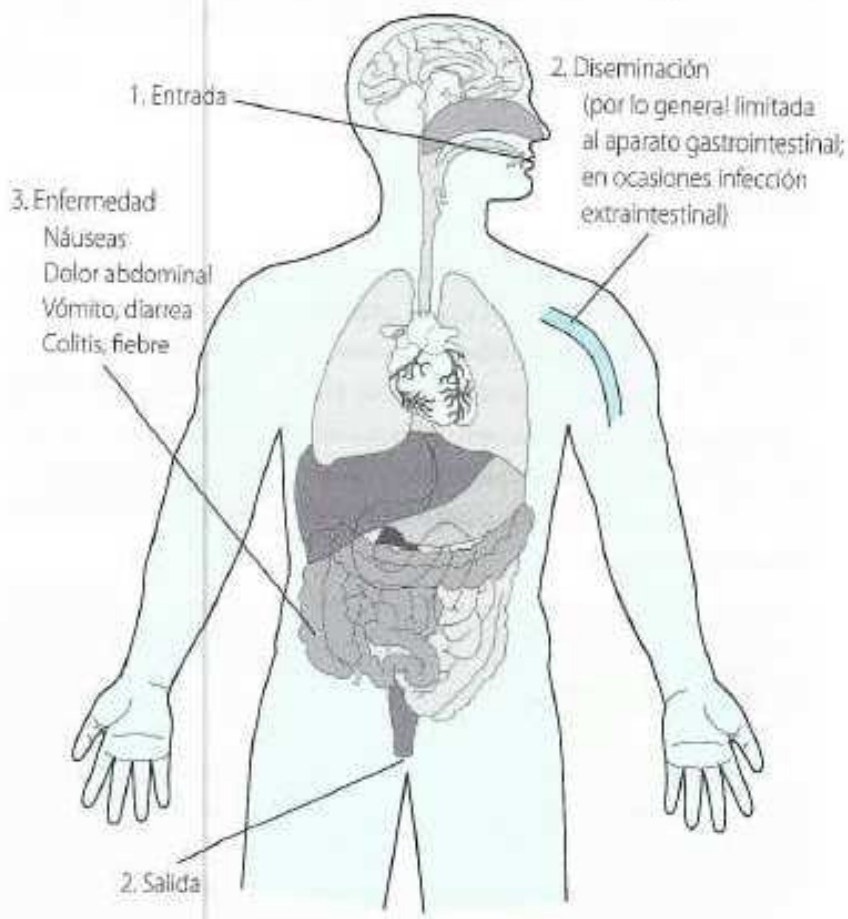


FIGURA 6-10. SINTOMATOLOGÍA DE LA INFECCIÓN POR *CAMPYLOBACTER JEJUNI*

puede aparecer sangre fresca en las heces diarreicas y estar manchadas con bilis y secreción mucosa; con mucha frecuencia también se encuentran leucocitos polimorfonucleares. El síndrome de Guillain-Barré es una forma de parálisis semejante a la poliomielitis, se caracteriza por arreflexia y debilidad en las extremidades.

IMPORTANTE:

Sintomatología. Se presenta diarrea, dolor abdominal, fiebre, cefalea, náuseas y vómito. Las heces son líquidas, a menudo con sangre, olorosas, manchadas con bilis y secreción mucosa.

Mecanismos patogénicos

La bacteria coloniza los intestinos delgado y grueso. La interacción de *C. jejuni* con las células provoca numerosos cambios en la señal de transducción y liberación de citocinas proinflamatorias, lo que causa una diarrea inflamatoria con fiebre. Las heces contienen leucocitos y sangre. El papel de las toxinas en la patogénesis no es claro. Los lipopolisacáridos de *C. jejuni* tienen epítopes similares a los gangliósidos GM1, GM1b, GD1a y GalNAc-GDla, expresados en nervios periféricos humanos; por lo tanto, los anticuerpos dirigidos contra los antígenos bacterianos tienen reacción cruzada con una o más estructuras neurales y se desencadena una enfermedad autoinmunitaria posinfección conocida como síndrome de Guillain-Barré.

IMPORTANTE:

Patogenia. Los anticuerpos dirigidos contra los antígenos bacterianos tienen reacción cruzada con los gangliósidos expresados en nervios periféricos humanos, lo que desencadena el síndrome de Guillain-Barré.

Brote

El origen de la infección humana suele ser el alimento de origen animal, en especial la leche cruda y las carnes de ave poco cocidas. Otros vehículos incluyen almejas crudas, carne de vaca, leche y quesos de cabra no pasteurizados. Aunque *C. jejuni* es sensible al almacenamiento en frío, los gérmenes pueden ser aislados en un porcentaje bajo de carnes de pollo y res que se han congelado durante meses. En 1984, los niños de un colegio preescolar visitaron una planta embotelladora de leche certificada, en donde les obsequiaron helados de crema, kéfir (búlgaros) y leche cruda. Después de tres días, nueve niños y tres adultos experimentaron fiebre y gastroenteritis; los coprocultivos resultaron positivos a *Campylobacter jejuni*. Un brote de gastroenteritis causado por *Campylobacter* se identificó, en 2003, en una escuela de Madrid, España. El estudio de cohorte retrospectivo mostró que una crema elaborada con leche se asoció a la enfermedad. La crema probablemente se contaminó con *Campylobacter jejuni* a partir de un pollo crudo preparado un día antes en la misma cocina. En este caso, la principal recomendación fue mejorar la educación sanitaria de los manipuladores de alimentos.

IMPORTANTE:

Alimentos implicados en epidemias. En especial, la leche cruda y las carnes de ave poco cocidas. Además, las almejas crudas, carne de vaca, quesos de cabra no pasteurizados, helados de crema y kéfir. En 2003, en Madrid, España, se identificó un brote de gastroenteritis causado por *Campylobacter*. La crema se contaminó a partir de un pollo crudo preparado un día antes en la misma cocina.

Tratamiento

Especies de *Campylobacter* son sensibles a eritromicina, tetraciclina, cloranfenicol y otros.

RECUERDA:

Algunas complicaciones pueden incluir bacteriemia, hepatitis, pancreatitis y abortos. Entre las complicaciones posteriores a la infección están la artritis reactiva y los trastornos neurológicos como el síndrome de Guillain-Barré.

Prevención

Las recomendaciones higiénicas son las siguientes:

- Lavarse bien las manos.
- Cocinar los alimentos a 60 °C o más.
- Utilizar agua hervida (0.05 ppm de cloro residual).
- Impedir el contacto con animales y personas infectados, así como con sus excretas.
- Evitar la contaminación cruzada.

IMPORTANTE:

Medidas de higiene. Lavarse bien las manos, cocinar los alimentos a 60 °C o más, utilizar agua hervida, evitar la contaminación cruzada, impedir el contacto con animales y sere humanos infectados, y con sus excretas.

6. *LISTERIA MONOCYTOGENES*

En 1926, se identificó *L. monocytogenes* durante una epizootia en cobayos y conejos.

Morfología y estructura

Es un bacilo corto grampositivo, no esporulado, de 1.2 µm × 0.5 a 1.3 µm (figura 6-11). Posee flagelos perítricos. El microorganismo tiene antígenos somáticos termoestables (O) y flagelares termolábiles (H), que permite clasificarlo en 13 serotipos.

Clasificación

Listeria monocytogenes pertenece a la familia *Listeriaceae*. Además, existen otras especies afines como *L. ivanovii, L. innocua, L. weishimeri, L. seeligeri* y *L. denitrificans*.

Ecología

El microorganismo está distribuido abundantemente en la naturaleza; se ha aislado en ríos, aguas negras, tierra, fango, silos y vegetación. *Listeria monocytogenes* infecta diversas especies de aves y mamíferos, y algunos crustáceos y garrapatas.

Mecanismo de transmisión

La infección por contacto persona a persona es el mecanismo de transmisión en 76% de los casos de listeriosis humana. La vía oral está bien reconocida a través de brotes en los que se identifica un alimento como vehículo del microorganismo. Se sabe de casos de listeriosis neumónicas que se adquieren por inhalación de polvos contaminados. Los recién nacidos se pueden contagiar por la madre infectada en el momento del parto.

IMPORTANTE:

Listeria monocytogenes. Es un bacilo corto grampositivo, no esporulado. Posee flagelos perítricos. Se ha aislado en ríos, aguas negras, tierra, fango, silos y vegetación. Además, infecta aves, mamíferos, crustáceos y garrapatas. La transmisión puede deberse al contacto persona a persona y a través de alimentos contaminados.

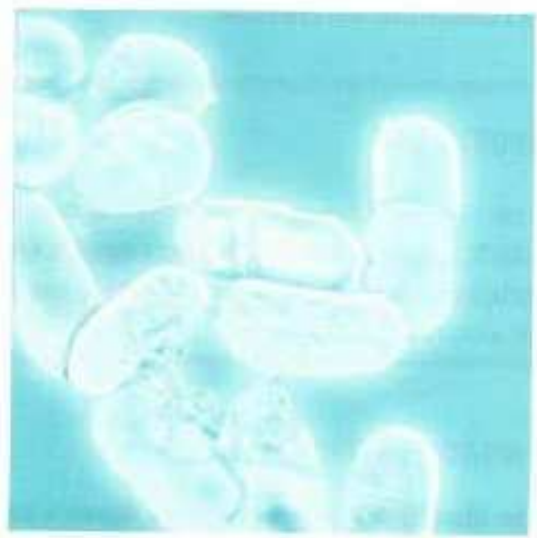


FIGURA 6-11. MORFOLOGÍA DE *LISTERIA MONOCYTOGENES*

Genética

Se desarrollan rápidamente mutantes no móviles, que pueden cambiar nuevamente para recuperar las formas móviles. Existe una amplia variedad de genes de virulencia que codifican numerosas proteínas de superficie, las cuales condicionan su patogenicidad y supervivencia en un rango amplio de ecosistemas.

Productos extracelulares

Hemolisina. Las cepas virulentas producen una hemolisina que es oxígeno-lábil y tienen actividad cardiotóxica.

Listeriolisina O. Esta enzima provoca la lisis de la membrana del fagolisosoma y permite a la listeria escapar hacia el citoplasma de la célula epitelial.

IMPORTANTE:

Genética y sustancias producidas. Existe una amplia variedad de genes que condicionan su patogenicidad y supervivencia en un rango amplio de ecosistemas. Pueden producir hemolisina y listeriolisina O.

Manifestaciones clínicas

Se describe un periodo de incubación de dos a seis semanas. La infección puede ser asintomática o asociarse a malestar general, náuseas, diarrea y poca fiebre (figura 6-12). En los adultos, el inicio es menos abrupto, con fiebre, cefalea y malestar general; siguen dolor muscular, rigidez del cuello, náuseas, vómito y fotofobia. Puede terminar en somnolencia, convulsiones, deshidratación

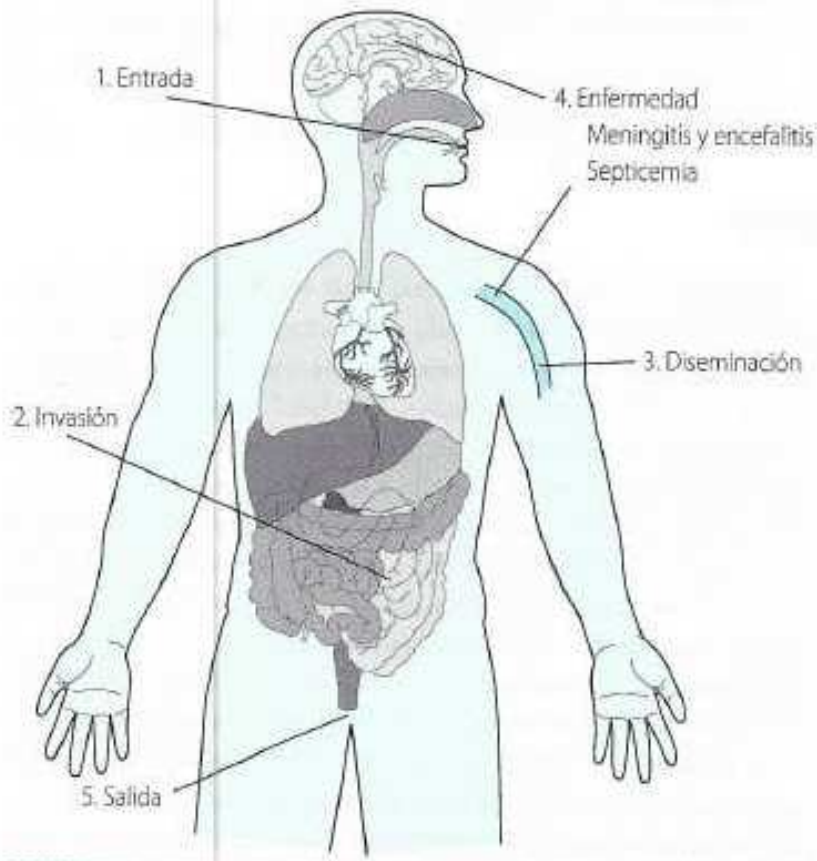


FIGURA 6-12. SINTOMATOLOGÍA DE LA INFECCIÓN POR *LISTERIA MONOCYTOGENES*

y coma. En casos graves progresa con meningitis, septicemia, endocarditis o encefalitis. Las mujeres embarazadas y sus fetos, lactantes, ancianos, inmunodeprimidos por cualquier causa y quienes son tratados de padecimientos crónicos, muestran mayor susceptibilidad. En resumen, los principales síndromes clínicos por *Listeria monocytogenes* incluyen: gastroenteritis febril, infección perinatal e infección sistémica marcadas por invasión del sistema nervioso central con o sin bacteriemia.

IMPORTANTE:

Sintomatología. Los síntomas incluyen fiebre y escalofríos, dolor de cabeza, malestar estomacal y vómito.

Mecanismos patogénicos

La listeria expresa la proteína internalina que interacciona con la E-cadherina, un receptor sobre las células epiteliales, para promover su internalización. El hígado se considera como el primer órgano blanco después de la translocación intestinal. En los hepatocitos, el germen se multiplica activamente hasta que la infección es controlada por la respuesta inmunitaria celular. Se cree que esta etapa subclínica inicial de la listeriosis se debe a la presencia frecuente de *L. monocytogenes* patogénica en los alimentos. En individuos normales, la exposición continua a antígenos de listeria probablemente contribuye al mantenimiento de células T de memoria antilisteria. Sin embargo, *en pacientes debilitados e inmunoincompetentes, la proliferación no restringida del microbio en el hígado puede ocasionar una bacteriemia prolongada de bajo nivel,* lo cual conduce a una invasión de los segundos órganos blanco preferidos (el cerebro y el útero grávido), y entonces evidenciar la enfermedad clínica.

IMPORTANTE:

Patogenia. La proliferación no restringida en el hígado puede ocasionar una bacteriemia, lo cual conduce a una invasión de cerebro y útero grávido.

Brote

Los productos más relacionados con listeriosis son: verdura cruda y mal lavada; mariscos, carnes de aves, res y cerdo mal cocidos; alimentos preparados enfriados, y productos listos para consumirse. Un alimento especialmente objeto de estudio es la leche cruda. La eliminación del germen a través de la ubre indica infección de la glándula y se relaciona con casos de encefalitis o aborto por listeria en el ganado. Entre julio y octubre de 2002, una cepa de *L. monocytogenes* causó un brote en nueve estados de la Unión Americana, en donde se identificaron 54 pacientes; ocho de ellos murieron y tres mujeres embarazadas sufrieron muertes fetales. En las cuatro semanas anteriores a la enfermedad, 55% de los pacientes había consumido fiambrería de pechuga de pavo. La investigación de la carne de pavo ingerida por las personas condujo a varias plantas procesadoras de pavo. La cepa productora del brote se encontró en el ambiente de una planta de tratamiento y en algunos productos de pavo. Después del brote, se publicaron nuevas regulaciones que subrayan la importancia del control de *L. monocytogenes* y un programa de pruebas en la carne "lista para comer" en las plantas procesadoras de aves de corral.

IMPORTANTE:

Alimentos implicados en epidemias. Los productos comúnmente relacionados con listeriosis son: leche cruda; verdura cruda y mal lavada; mariscos, carnes de aves, res y cerdo mal cocido; alimentos preparados enfriados, y productos listos para consumirse. En 2002, en nueve estados de la Unión Americana, una cepa de *L. monocytogenes* causó un brote; ocho de los pacientes murieron y tres mujeres embarazadas sufrieron muertes fetales. Los individuos habían consumido fiambrería de pechuga de pavo.

Tratamiento

Los fármacos útiles incluyen sulfamídicos, penicilina, tetraciclinas y eritromicina, pero los medicamentos de elección son ampicilina y la eritromicina.

RECUERDA:

Listeria monocytogenes es un microbio intracelular facultativo hábil para sobrevivir en los macrófagos. Datos experimentales indican que un subgrupo específico de monocitos, distinguidos en parte por la expresión incrementada del antígeno Ly-6C, se llega a infectar por la listeria, se paraliza en la médula ósea y transporta la bacteria intracelular a través de la barrera hematoencefálica hacia el sistema nervioso. Asimismo, puede invadir una gran variedad de células normalmente no fagocíticas, por ejemplo: epiteliales, hepatocitos y endoteliales. En estos tipos de células, el patógeno sigue un ciclo de vida intracelular, que involucra el escape temprano de la vacuola fagocítica, rápida multiplicación intracitoplasmática, movilidad basada en actina, y propagación directa hacia las células vecinas, en las cuales se reinicia el ciclo. En esta vía, la listeria se disemina en los tejidos del hospedero, protegidos con las armas humorales del sistema inmunitario.

Prevención

Los consejos durante la manipulación de los alimentos son:

- Consumir lácteos elaborados con leche pasteurizada.
- Cocinar a temperaturas adecuadas.
- Lavarse debidamente las manos.
- Desinfectar frutas, verduras y hortalizas.
- Limpiar e higienizar superficies.
- Evitar la contaminación cruzada.

IMPORTANTE:

Medidas de higiene. Los consejos durante la manipulación de los alimentos son: consumir lácteos elaborados con leche pasteurizada; cocinar a temperaturas adecuadas; lavado de manos; desinfectar frutas, verduras y hortalizas; limpiar e higienizar superficies; evitar la contaminación cruzada.

7. *YERSINIA ENTEROCOLITICA*

Los agentes de la yersiniosis, como *Yersinia enterocolitica*, los descubrió Alexandre Yersin. Puesto que no producen grandes epidemias con una alta mortalidad (como la peste), no han atraído mucha atención médica. *Y. pestis* es la causa de la peste.

Morfología y estructura

Es un bacilo corto gramnegativo (figura 6-13). Estos patógenos son móviles cuando crecen a 25 °C, pero no a 37 °C. Existen más de 50 serotipos; la mayor parte de los aislados en enfermedades que atacan a seres humanos pertenece a los serotipos O3, O8 y O9. La virulencia de *Yersinias* depende de antígenos V y W, que confieren dependencia del calcio para el crecimiento a 37 °C.

Clasificación

El género *Yersinia* pertenece a la familia *Enterobacteriaceae*. Las especies más estudiadas son: *Y. pseudotuberculosis, Y. pestis* y *Yersinia enterocolitica*.

FIGURA 6-13. MORFOLOGÍA DE *YERSINIA ENTEROCOLITICA*

Ecología

Y. enterocolitica tiene una distribución cosmopolita. La frecuencia de aislamientos a partir del medio ambiente recuerda un tanto a la de *Listeria monocytogenes*. Mantiene su viabilidad por largos periodos en la tierra, vegetación, agua de ríos y lagos. Entre los animales que se cuentan como reservorios del microorganismo están gatos, perros, monos, moscas, pulgas, pájaros, ranas, ostiones y caracoles. Las yersiniosis son infecciones zoonóticas que actúan sobre todo en roedores, cerdos y aves; los seres humanos son hospederos accidentales.

Mecanismo de transmisión

El consumo de leche sin pasteurizar, de carne mal cocida y de agua no potable son factores de riesgo para yersiniosis. El trato cercano con perros y gatos favorece la exposición a *Y. enterocolitica*. Los alimentos se pueden contaminar en forma indirecta a partir de heces de cerdo. En algunos casos, el microorganismo se llega a transmitir de persona a persona y a través de lesiones en la piel.

IMPORTANTE:

Yersinia enterocolitica. Es un bacilo corto gramnegativo. Es móvil cuando crece a 25 °C. Mantiene su viabilidad por largos periodos en la tierra, vegetación, agua de ríos y lagos. Muchos animales sirven como reservorios. Se transmite principalmente a partir de alimentos contaminados.

Genética

Las cepas virulentas de *Yersinia enterocolitica* poseen un plásmido de 70 Kb (pYV), que tiene los genes que codifican para la síntesis de proteínas Yops y el sistema de secreción tipo 3, entre otros. Recientemente, se informó que *Y. enterocolitica* codifica adenilciclasa y proteína receptora de AMPc (CRP), y que este sistema regulador de AMPc-CRP se requiere para mantener la virulencia.

Productos extracelulares

Toxinas estables de Yersinia (YST). Son una familia de enterotoxinas termoestables (YST I y ST II), que participan en la producción de diarrea durante la infección.

Sistema de secreción Ysc tipo 3 (T3SS). Un complejo oligomérico que permite a la bacteria adherida extracelularmente inyectar los efectores Yops hacia el citosol de las células blanco.

Proteínas de membrana externa de Yersinia (Yops). Son una serie de moléculas efectoras: YopE, YopH, YpkA/YopO, YopM, YopJ/P y YopT, las cuales interrumpen las cascadas de señalización que desencadenan en fagocitosis e inflamación.

IMPORTANTE:

Genética y sustancias producidas. Las cepas de *Yersenia* poseen un plásmido que codifica para la síntesis de proteínas Yops y el sistema de secreción tipo 3. Recientemente, se informó que codifican adenilciclasa y proteína receptora de AMP cíclico. Pueden producir las toxinas estables de *Yersinia*, sistema de secreción Ysc tipo 3, y proteínas de membrana externa de *Yersinia*.

Manifestaciones clínicas

El periodo de incubación es de tres a cuatro días. La enterocolitis constituye dos tercios de todos los casos informados y se caracteriza por fiebre, diarrea y dolor abdominal que duran de una a tres semanas (figura 6-14). En casos graves puede haber hemorragia rectal y perforación del íleon. La excreción fecal de microorganismos puede continuar durante semanas después de que los síntomas han remitido. Las infecciones del intestino delgado pueden originar úlceras de la mucosa intestinal, en el área de ganglios linfáticos mesentéricos, y el resultado puede ser pérdida de sangre y líquido. Las infecciones intestinales pueden remedar apendicitis aguda o subaguda. La diarrea y la afección de ganglios linfáticos son síntomas típicos de enfermedad causada por estos gérmenes.

IMPORTANTE:

Sintomatología. La infección se manifiesta por cuadros diarreicos. Esta diarrea a menudo es acompañada de febrícula y dolor abdominal.

Mecanismos patogénicos

Después de la ingestión de agua o alimentos contaminados, *Y. enterocolitica* entra al hospedero humano a través de las placas de Peyer y causa abscesos hepáticos y esplénicos graves. El patógeno está dotado con dos adhesinas, Inv y YadA, y con el sistema de secreción Ysc tipo 3, el cual permite a la bacteria adherida extracelularmente inyectar los efectores Yop hacia el citosol de las células blanco. Las moléculas YopT, YopH, YopE y YopO actúan sinérgicamente para incrementar la resistencia de *Yersinia enterocolitica* a la fagocitosis por macrófagos y polimorfonucleares (PMN). Además, *Yersinia* spp. patógena desacopla un gran número de señales de transducción en los macrófagos, para interrumpir su respuesta a la infección, lo que obliga al fagocito a sufrir muerte celular programada. La YopP/J promueve la apoptosis de la célula hospedera inducida por LPS, y directamente induce la fragmentación de la caspasa-1. Además, la YopP/J inhibe tanto a MAPK como a NF-κB, lo cual previene la expresión de genes proinflamatorios y de supervivencia celular.

IMPORTANTE:

Patogenia. Las moléculas YopT, YopH, YopE y YopO actúan sinérgicamente para incrementar la resistencia a la fagocitosis por macrófagos y PMN.

Brote

Prácticamente cualquier alimento sostiene el desarrollo de *Yersinia*, con tal que se satisfagan condiciones de actividad de agua, pH y temperatura. Los principales productos involucrados en las epidemias son carne, cárnicos, pescado, huevo, cereales, verduras, leche y lácteos. En octubre de 1995, hubo un brote de infecciones por *Y. enterocolitica* en New Hampshire, en los Estados Unidos. Se identificaron 10 pacientes, de los cuales tres fueron hospitalizados y uno sufrió apendectomía. El consumo de leche embotellada en un establecimiento local se asoció con la enfermedad. No se descubrieron carencias en el equipo o en los procedimientos de pasterización. Se aisló *Y. enterocolitica* O:8 de una muestra de leche cruda y de una muestra fecal de cerdo. La ruta de contaminación no se determinó; este brote probablemente fue resultado de una contaminación posterior a la pasterización. Los cerdos se consideraron como la fuente más factible de contaminación. Las botellas de leche posiblemente fueron contaminadas por el lavado con agua no tratada antes del llenado o por otras vías ambientales. En estos casos es necesaria la educación a los propietarios de cerdos acerca de *Yersinia* y de la contaminación pospasterización, para prevenir próximas epidemias.

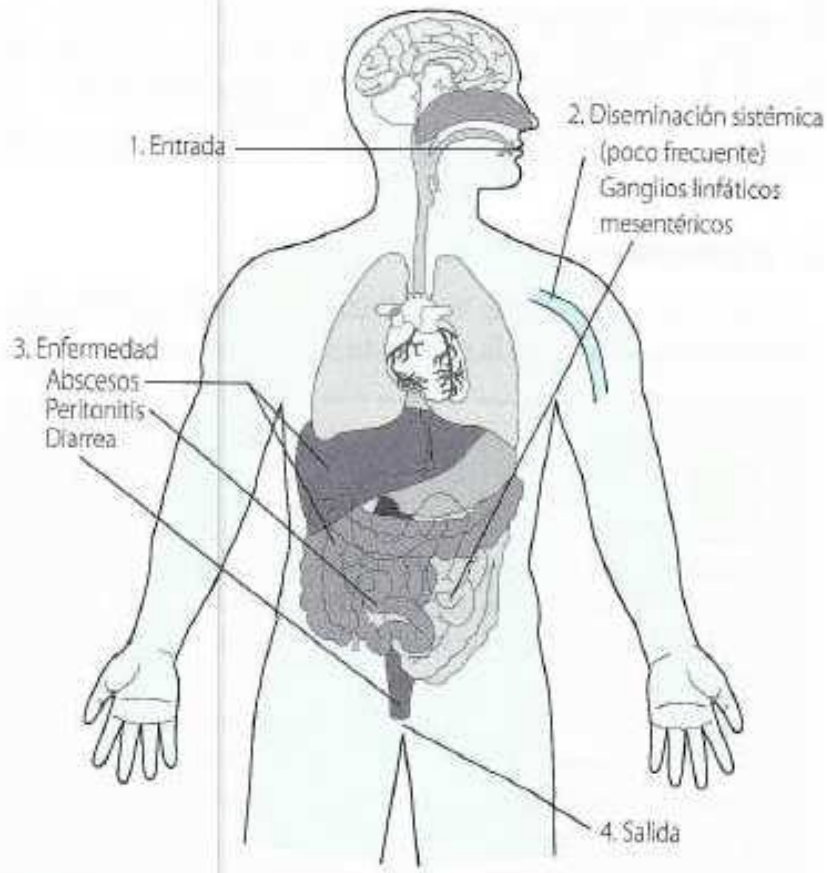


FIGURA 6-14. SINTOMATOLOGÍA DE LA INFECCIÓN POR *YERSINIA ENTEROCOLITICA*

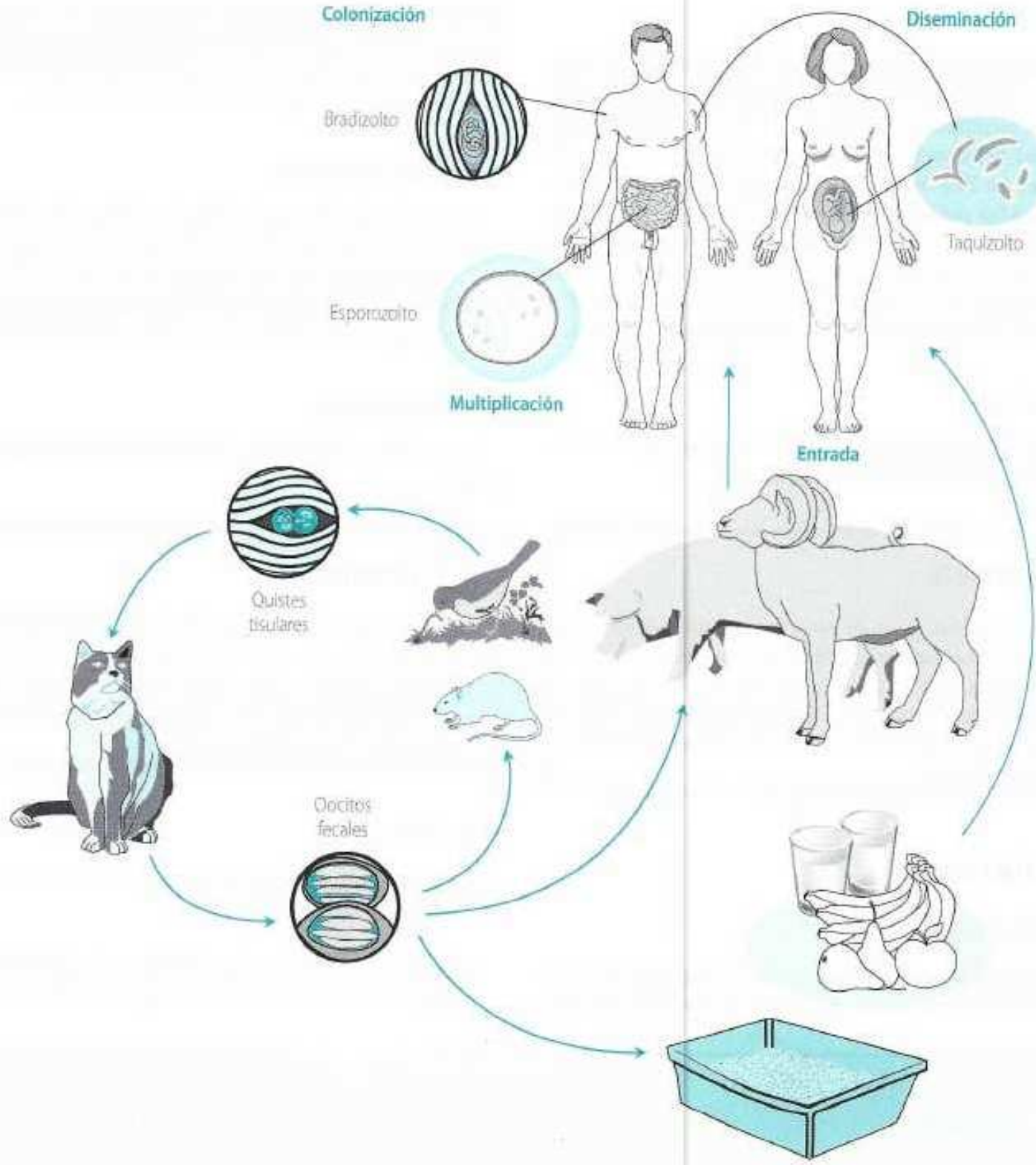


FIGURA 7-3.

procedentes de materia fecal. Los parásitos al ser ingeridos por un gato joven no inmunizado, se reproducen en el epitelio del intestino delgado, se convierten en esporozoítos, los cuales generan ooquistes inmaduros unicelulares que son liberados en la materia fecal.

- *Infección del hospedero intermediario.* Algunos animales de sangre caliente, tales como reces, corderos, ovejas, cerdos, cabras, conejos, pollos, caballos, pájaros y roedores, ingieren ooquistes presentes en alimentos, agua o tierra contaminada. Los parásitos se diseminan a través de la circulación sanguínea hacia distintos órganos y se diferencian en quistes tisulares.
- *Infección en el hombre:*
  - Ingestión. El individuo ingiere quistes en carne infectada u ooquistes en comida contaminada con heces de gato.
  - Multiplicación. Los parásitos penetran en las células epiteliales intestinales, se reproducen y convierten en esporozoítos.
  - Diseminación. Los esporozoítos evolucionan a taquizoítos, que son liberados al torrente sanguíneo y se propagan por todo el cuerpo. Durante la primoinfección en el embarazo se produce transmisión transplacentaria.
  - Colonización. Los taquizoítos maduran hacia bradizoítos dentro de la forma quística en músculo, nervios, miocardio, cerebro y ojo.

IMPORTANTE:

Ciclo de vida. El hombre ingiere los quistes u ooquistes que se reproducen en el epitelio intestinal y se convierten en esporozoítos. Los esporozoítos evolucionan a taquizoítos para propagarse por todo el cuerpo; maduran hacia bradizoítos en músculo, nervios, miocardio, cerebro y ojo.

Enfermedad

La enfermedad originada por este parásito se llama *toxoplasmosis.*

Periodo de incubación

La incubación toma de una a dos semanas.

Manifestaciones clínicas

En 90% de los casos, la infección es asintomática. En la infección aguda se presenta linfadenitis cervical y occipital moderada, mal estado general; en ocasiones, se incluye linfadenopatías supraclavicular e inguinal, fiebre moderada, dolor de garganta, mialgias y cefalea. Además, puede haber dolor abdominal, náuseas, vómito y pérdida de apetito. En los ganglios linfáticos puede ocurrir una infección de baja intensidad que recuerda a la mononucleosis infecciosa. *La infección congénita es causa de mortinato, coriorretinitis, trastornos psicomotores, calcificaciones intracraneales, convulsiones e hidrocefalia.* Suele observase síndrome febril y resfrío. Se favorece la formación de hematomas. En muchas ocasiones, las infecciones permanecen asintomáticas.

Brote

En Corea se presentaron dos epidemias de toxoplasmosis aguda relacionadas con la ingesta de carne de cerdo sin cocer. En el primer brote, tres pacientes desarrollaron coriorretinitis tres meses después del consumo de hígado y bazo de un cerdo salvaje. En el segundo brote, cinco soldados que comieron un platillo a base de hígado crudo de un lechón doméstico, presentaron linfadenopatía. Los ocho pacientes tenían valores altos de IgG anti-*Toxoplasma gondii*. Además, las IgM antitoxoplasma persistieron durante algunos meses. La mayoría de estos enfermos tuvo una respuesta favorable al tratamiento con pirimetamina y sulfanomidas.

Tratamiento

Se suele prescribir pirimetamina con trisulfapirimidina, y espiramicina o sulfadiacina con pirimetamina.

IMPORTANTE:

Toxoplasmosis. Después de una incubación de dos semanas se puede presentar inflamación de los ganglios linfáticos en cabeza y cuello, cefalea, fiebre, enfermedad leve semejante a la mononucleosis, mialgias y dolor de garganta. Para el tratamiento se prescribe pirimetamina con trisulfapirimidina.

5. *TAENIA SAGINATA*

Morfología y estructura

Es un gusano plano. El escólex de 1 a 2 mm de diámetro en forma piriniforme tiene cuatro ventosas, que le sirven de órgano de fijación al intestino; sin embargo, está desprovisto de róstelo y de ganchos, por ello se considera una tenia inerme. *Taenia* alcanza la madurez sexual únicamente en el hombre. Por lo general se encuentra sólo un gusano en el individuo parasitado. El huevecillo contiene un embrión rodeado por una envoltura gruesa, café claro, esférica o semiesférica y estriada. El parásito mide de 4 a 8 metros.

Fuente de infección

La ingestión de carne de res contaminada con quistes se considera la fuente de la enfermedad.

RECUERDA:

Los mecanismos patogénicos desarrollados por *Toxoplasma gondii* son:

- Multiplicación intracelular. La reproducción de los taquizoítos dentro de las células causa necrosis.
- Daño inflamatorio. Cuando se rompe un quiste en los tejidos, libera un gran número de bradizoítos y una reacción de hipersensibilidad local puede causar inflamación, oclusión de los vasos sanguíneos y muerte celular cerca del quiste dañado.
- Invasividad. Los parásitos se diseminan por vía hemática o linfática, en forma directa o transportados por macrófagos, linfocitos y granulocitos.
- Mimetismo molecular. *Toxoplasma* es captado por el macrófago, pero debido a su capacidad de enmascaramiento antigénico no es reconocido por el sistema inmunitario y se establece en los tejidos celulares en su forma pasiva de bradizoíto.
- Productos secretados. La liberación de la proteína SAG-1 modula la respuesta inmunitaria.

Sitio colonizado

Taenia saginata ocupa el intestino delgado del hospedero.

IMPORTANTE:

Taenia saginata. Es un gusano plano, cuyo escólex tiene cuatro ventosas y no posee róstelo, ni ganchos. El hombre se infecta por el consumo de carne de res enquistada; la larva se libera en el aparato el digestivo, donde llega a medir 12 m de largo.

Ciclo biológico

Las etapas y transformaciones que experimenta el parásito durante su desarrollo son (figura 7-4):

- *Infección en el hombre:*
  - — Ingestión. Consumo de carne enquistada.
  - — Colonización. Liberación de la larva en aparato digestivo.
  - — Expulsión. Diariamente se pueden eliminar alrededor de 750 mil huevecillos, solos o junto con proglótides a través de las heces.
- *Infección en el hospedero secundario.* La vaca ingiere comida, agua o tierra contaminada con huevecillos. El embrión se libera, se dirige al tejido muscular y se convierte en larva.

IMPORTANTE:

Ciclo de vida. El quiste es ingerido por el hombre; se convierte en gusano en el aparato digestivo, para liberar huevecillos y proglótides a través de las heces. Los bovinos tragan los huevecillos; el embrión se convierte en larva en el tejido muscular.

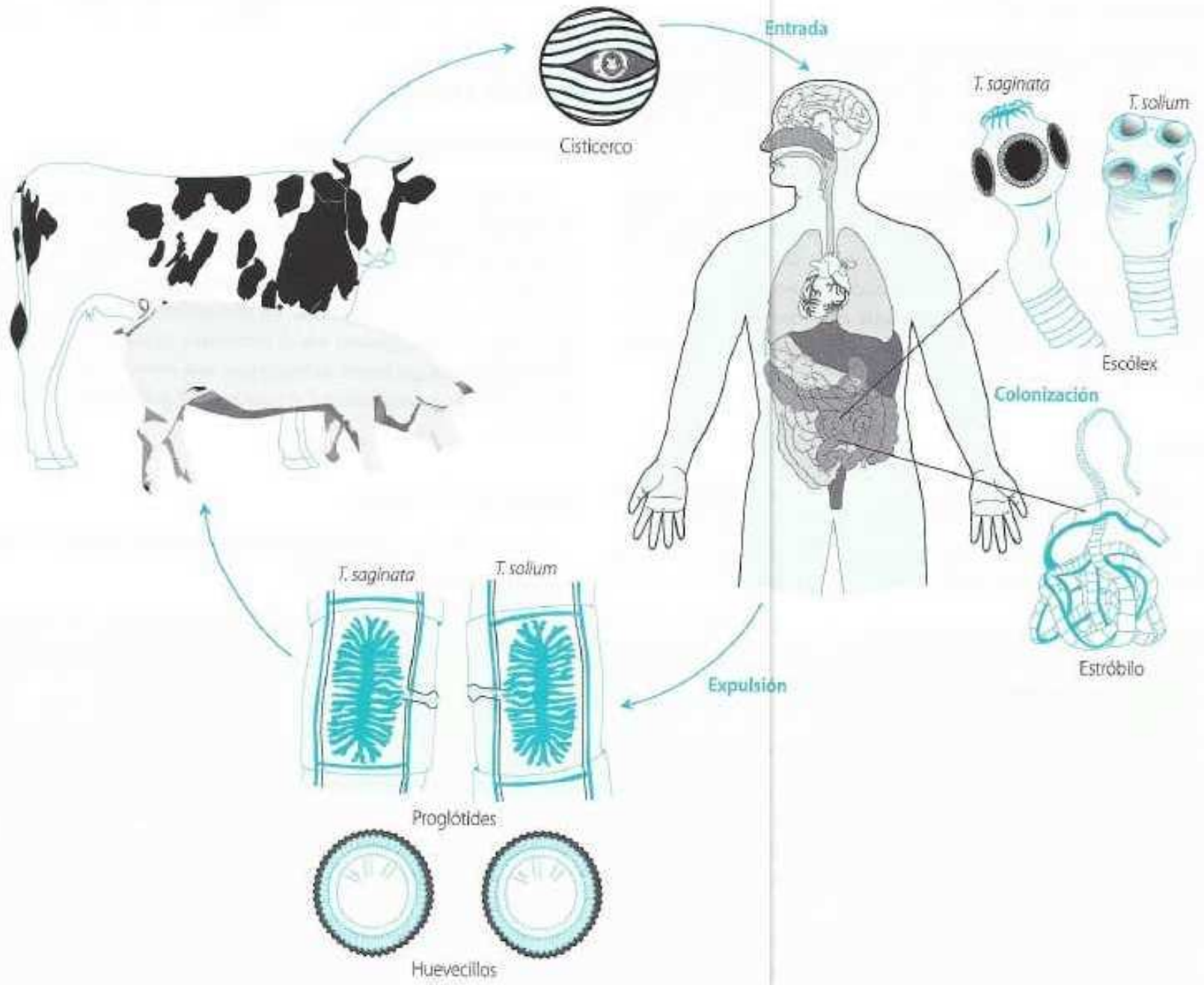


FIGURA 7-4. CICLO EVOLUTIVO DE *TAENIA SAGINATA* Y *TAENIA SOLIUM*

Enfermedad

La entidad se llama *teniosis*. Tenia del ganado vacuno o inerme (sin garras).

Periodo de incubación

Éste es de semanas a meses.

Manifestaciones clínicas

Se produce un cuadro clínico poco característico, usualmente asintomático, pero en algunos casos puede haber diarrea, dolor abdominal y pérdida de peso. *Los síntomas típicos de teniosis son malestar epigástrico leve, náuseas, flatulencia, diarrea y hambre dolorosa.* En algunos casos, la eliminación de proglótides por las heces es perceptible. En casos inusuales, los segmentos se pueden alojar en el apéndice, páncreas y vesícula biliar.

Brote

En la India, en un hospital, se presentó una joven de 25 años de edad con dolor abdominal, vómito y fiebre. Luego de la exploración se apreció un nudo epigástrico. En la laparoscopia se diagnosticó yejunitis abdominal aguda. Después de tres días de la operación, la mujer vomitó una *T. saginata* de 2 metros. Ésta es una forma rara de expulsión del parásito.

Tratamiento

Se prescribe niclosamida, quinacrina, paromomicina, praziquantel, niclosamida o laxante salino.

IMPORTANTE:

Teniosis, tenia del ganado vacuno o inerme. Luego de una incubación de semanas a meses se manifiesta malestar epigástrico leve, náuseas, flatulencia, diarrea y hambre dolorosa. Para el tratamiento se utiliza niclosamida, quinacrina o laxante salino.

6. *TAENIA SOLIUM*

Este parásito puede causar dos tipos de infecciones en el hombre: una producida por el gusano adulto (teniosis intestinal), y otra durante la etapa larvaria, que puede afectar cualquier órgano (cisticercosis).

Morfología y estructura

Es un gusano plano. El escólex es globuloso, tiene cuatro ventosas y un róstelo con una doble corona de ganchos, por lo que se considera una tenia armada. La presencia y persistencia de un solo parásito en el individuo afectado se deben a que es un hermafrodita. El huevecillo contiene un embrión hexacanto rodeado por una envoltura gruesa, café claro, esférica o semiesférica y estriada. El parásito alcanza a medir hasta 7 metros.

Fuente de infección

La infección por la etapa adulta es estrictamente una enfermedad intestinal humana, transmitida por la ingestión de la etapa larvaria del gusano enquistado (cisticerco), a partir de la carne de cerdo, que entonces madura en gusano adulto.

Sitio colonizado

Taenia solium ocupa el intestino delgado del hospedero.

IMPORTANTE:

Taenia saginata. Es un gusano plano, cuyo escólex tiene cuatro ventosas y posee un róstelo, con ganchos. El hombre se infecta por el consumo de carne de cerdo enquistada; la larva se libera en el aparato el digestivo, donde llega a medir 7 m de largo.

Ciclo biológico

Las etapas que experimenta el parásito durante su crecimiento son (**figura 7-4**):

RECUERDA:

Los mecanismos patogénicos desarrollados por *Taenia saginata* son:

- Adhesividad. La fijación en la pared intestinal ocasiona lesión irritativa de la mucosa.
- Productos secretados. Los desechos metabólicos tóxicos liberados por el helminto, son absorbidos por la pared intestinal; causan cefalea, estreñimiento, diarrea y anorexia, entre otros síntomas.
- Motilidad. El movimiento espontáneo del parásito a través del ano provoca trastorno emocional.
- Acción mecánica. Los parásitos pueden causar obstrucción intestinal.

RECUERDA:

Los mecanismos patogénicos desarrollados por *Trichinella spiralis*, son:

- Penetración en mucosa. Los gusanos hembras que emigran en el epitelio intestinal, hacen que los hospederos reaccionen contra sus propios residuos.
- Migración. Las larvas juveniles que se desplazan, dañan los vasos sanguíneos y causan edema localizado.
- Productos secretados. *Trichinella* libera las proteínas apirasa, 5'-nucleotidasa y deaminasa de adenosina, las cuales constituyen una cascada enzimática que cataliza la degradación de nucleótidos extracelulares, que tienen un papel potencial en la regulación de respuestas inflamatorias e inmunitarias durante el proceso infeccioso.
- Enquistamiento. La penetración y formación de quistes de las larvas en las células musculares ocasiona dolor muscular, inflamación de músculos maseteros y otros trastornos.
- Daño inflamatorio. La larva provoca infiltración de células eosinofílicas en el foco inflamatorio, las cuales degranulan y causan la muerte del parásito; sin embargo, cuando el número de eosinófilos es muy grande, éstos pueden ser tóxicos para el tejido del hospedero.

10. *TRICHURIS TRICHIURA*

Morfología y estructura

El gusano tiene forma de látigo, 3/5 partes anteriores son delgadas, con esófago arrosariado, y 2/5 partes posteriores son gruesas. El macho es ligeramente más pequeño que la hembra y su extremo posterior está enrollado; la hembra tiene una curvatura más ligera o totalmente recta. El huevo tiene una forma ovoide. El parásito llega a medir hasta 5 cm.

Fuente de infección

Es mediante la ingestión de huevecillos procedentes del suelo o los vegetales.

Sitio colonizado

El parásito ocupa el ciego, intestino grueso e íleon del hospedero.

IMPORTANTE:

Trichuris trichiura. Es un gusano dioico y tiene forma de látigo, pues su primer tercio anterior es más delgado que el resto del cuerpo. Los huevecillos procedentes del suelo o los vegetales son ingeridos por el hombre. Luego el gusano ocupa el ciego, intestino grueso e íleon.

Ciclo biológico

Las etapas evolutivas que experimenta el parásito durante su desarrollo son (figura 7-8):

- *Ingestión*. El hombre ingiere huevecillos embrionados.
- *Colonización*. Los embriones se liberan en el intestino y penetran en las vellosidades. Luego, las larvas regresan a la luz del intestino y llegan al ciego, apéndice o intestino grueso donde maduran.
- *Eliminación*. Los huevos no fecundados son expulsados en las heces. Los huevecillos producen embriones en un mes.

IMPORTANTE:

Ciclo de vida. Los huevecillos son ingeridos; los embriones se liberan en el intestino y penetran en las vellosidades. Las larvas regresan a la luz del intestino y llegan al ciego, apéndice o intestino grueso donde maduran. Los huevos no fecundados son expulsados en las heces.

Enfermedad

Se denomina *tricocefalosis* o *trichuriosis*.

Periodo de incubación

Éste es indefinido.

Manifestaciones clínicas

El daño intestinal depende del número de parásitos y de factores del hospedero, por ejemplo: edad, estado nutricional e infecciones concomitantes. *En infecciones leves y moderadas, la lesión consiste en una compresión mecánica de las células de la mucosa colónica y se asocia a dolor abdominal de tipo cólico y episodios diarreicos.* En infecciones masivas, la mucosa intestinal se encuentra edematosa, disgregable y sangrante; es característica la degeneración y necrosis de las células cercanas a la cabeza del parásito, con pequeñas hemorragias subepiteliales e inflamación con infiltración difusa de linfocitos y eosinófilos.

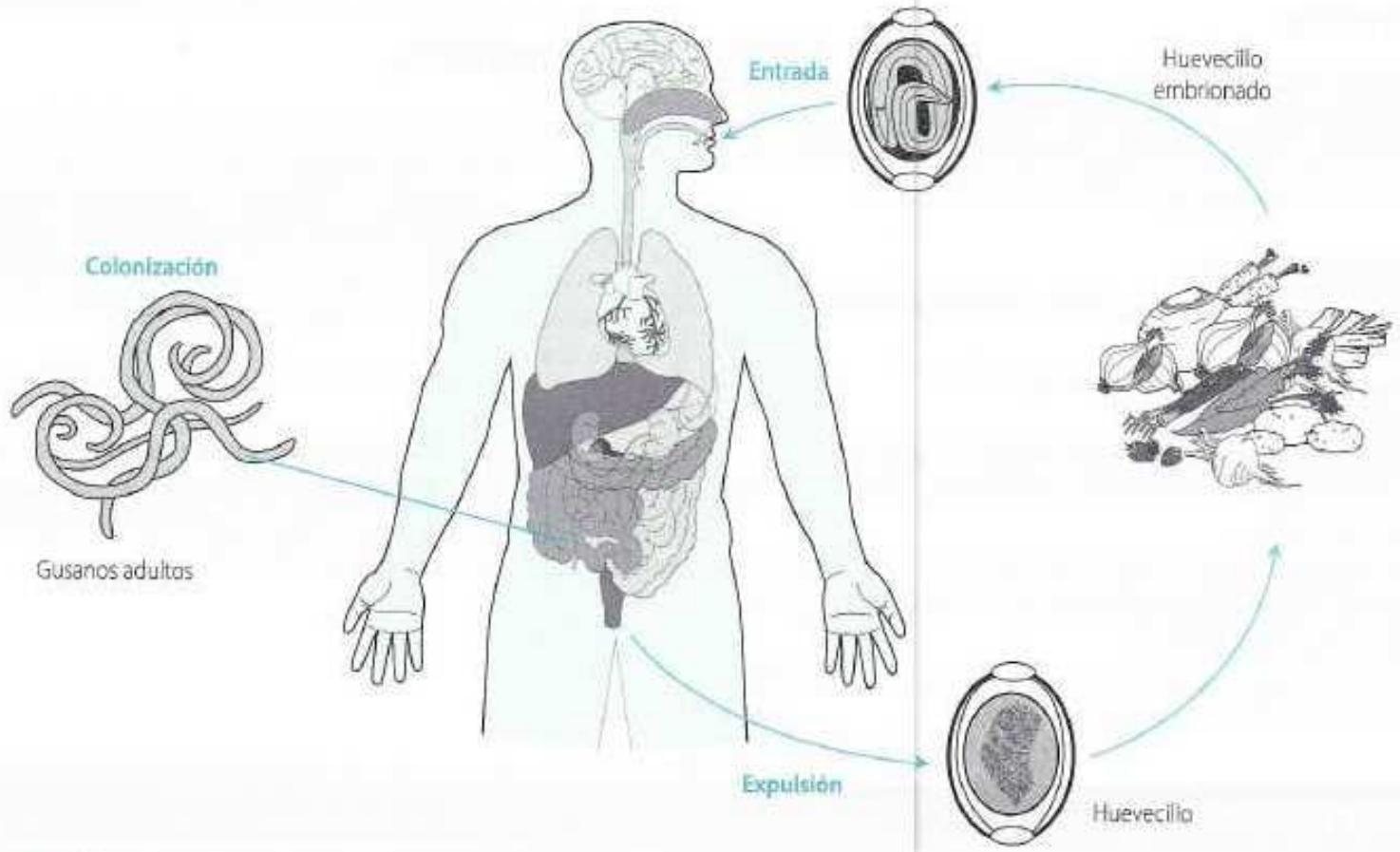


FIGURA 7-8. CICLO EVOLUTIVO DE *TRICHURIS TRICHIURA*

El cuadro clínico varía según la masividad de la infección y la presencia de otros parásitos. La lesión de los vasos sanguíneos de la submucosa provoca pérdida de 0.005 mL de sangre/día/gusano, lo que induce anemia hipocrómica microcítica. Además, la irritación constante de las terminaciones nerviosas intramurales incrementa el peristaltismo intestinal. Los síntomas incluyen dolor abdominal, cefalea, pérdida de peso, diarrea crónica, disentería, pujo, hiporexia, tenesmo y prolapso rectal.

Brote

En 1989, se presentó una epidemia por *Trichuris trichiura* en una guardería para pacientes mentales. Enfermaron 22 de 29 individuos. Además, 59% fue portador de *Entamoeba histolytica* no patógena. Se encontró gran contaminación en la tierra de las áreas de recreación.

Tratamiento

La terapéutica consiste en mebendazol, albendazol y enema de hexilresorcinol.

IMPORTANTE:

Tricocefalosis o tricuriosis. Tiene un tiempo indefinido de incubación. Los síntomas varían desde leves hasta graves y, algunas veces, no se presentan. Una infección grave ocasiona diarrea con sangre, anemia ferropénica, incontinencia fecal (durante el sueño) y prolapso rectal. Se prescribe mebendazol, albendazol y enema de hexilresorcinol.

RECUERDA:

Los mecanismos patogénicos desarrollados por *Trichuris trichiura*, son:

- Acción mecánica. La disrupción mecánica de la mucosa por los gusanos, al introducirse con su parte anterior, deja pequeñas úlceras que sangran. En infecciones crónicas graves hay pérdida de sangre en heces disentéricas, que podría contribuir a la anemia.
- Reacción alérgica. La reacción inmunitaria celular contra el parásito es mediada por células T CD4, tipo TH2, con producción de eosinofilia, basofilia e IgE.
- Daño inflamatorio. La patogenicidad depende de una reacción inflamatoria y alérgica intestinal, manifestada por eosinofilia tisular, producción excesiva de moco y TNF-α liberado por macrófagos.

11. PREVENCIÓN

Las medidas de prevención contra la parasitosis están vinculadas a la modificación de los hábitos, la educación y el bienestar de la población. Las siguientes son algunas recomendaciones para evitar la contaminación por parásitos en los alimentos:

- Buen aseo de manos.
- Evitar comerse las uñas, ya que la onicofagia facilita el contagio.
- Consumir alimentos bien lavados y cocidos.
- Beber siempre agua potable.
- Alimentarse adecuadamente y en forma balanceada.
- Mantener la vivienda, los pisos, las paredes y los alrededores limpios y secos.
- Evitar el contacto de las manos y los pies con el lodo, la tierra o la arena de aquellos sitios donde se sabe o se sospecha que existe contaminación fecal.
- Evitar ingerir alimentos en ventas callejeras y lugares con deficientes condiciones higiénicas.

IMPORTANTE:

Prevención. Se recomienda buen aseo de manos; consumir alimentos bien lavados y cocidos; beber siempre agua potable; evitar el contacto de las manos y los pies con el lodo, y la tierra o la arena de aquellos sitios donde se sabe o se sospecha que existe contaminación fecal; evitar ingerir alimentos en ventas callejeras y lugares con deficientes condiciones higiénicas.

Se deben seguir con mucha atención las normas básicas de higiene en la vida diaria, tales como buena higiene personal o tener limpio el lugar de trabajo, ya que un descuido puede dar inicio a enfermedades transmitidas por alimentos.

12. SÍNTESIS CONCEPTUAL

- Las EPTA son aquellas afecciones originadas por la ingestión de alimentos o agua que contienen elementos parasitarios.
- En la diarrea por flagelados aparecen heces acuosas, grasosas, fétidas y voluminosas. En la amebosis intestinal se observan trastornos gastrointestinales variables, episodios de diarrea, cólicos abdominales, náuseas, vómito y pujo. En la toxoplasmosis se puede presentar inflamación de los ganglios linfáticos en cabeza y cuello, cefalea, fiebre, enfermedad leve semejante a la mononucleosis, mialgias y dolor de garganta.
- En la teniosis del ganado vacuno se manifiesta malestar epigástrico leve, náuseas, flatulencia, diarrea y hambre dolorosa. En la teniosis del puerco, la infección a menudo es asintomática. Los malestares suelen ser: dolor abdominal, náuseas, pérdida de peso, incremento del apetito, cefalea, estreñimiento, vértigo, diarrea, prurito anal, dolor muscular, debilidad y fiebre. En la neurocisticercosis hay convulsiones o síntomas similares a los de un tumor cerebral.
- En la ascariosis no suele haber manifestaciones, pero cuando se presentan pueden incluir expectoración hemoptoica, fiebre baja, respiración jadeante, erupción en la piel, dolor abdominal, sibilancias y expulsión de lombrices a través de boca, nariz o heces. En la triquinosis, la sintomatología muscular incluye miositis, mialgias, edema palpebral, fiebre y eosinofilia. Los síntomas de la tricocefalosis varían desde leves hasta graves y, algunas veces, no se presentan. Una infección grave ocasiona diarrea con sangre, anemia ferropénica, incontinencia fecal y prolapso rectal.

WWW.

Véase **Bibliografía** cap. 7 Enfermedades parasitarias transmitidas por los alimentos
Véase **Actividades recomendadas** cap. 7 Enfermedades parasitarias transmitidas por los alimentos
Véase **Autoevaluación** cap. 7 Enfermedades parasitarias transmitidas por los alimentos

CAPÍTULO 8

VIRUS TRANSMITIDOS POR LOS ALIMENTOS

OBJETIVOS

- Reconocer las características de los diferentes virus patógenos intestinales.
- Diferenciar agentes virales causales de algunas enfermedades por consumo de alimentos.

1. Concepto. 112
2. Virus Norwalk 112
3. Rotavirus. 113
4. Virus de hepatitis A 114
5. Virus de influenza aviar 115
6. Agentes virales que causan diarrea aguda 116
7. Prevención de enfermedades virales transmitidas por alimentos 117
8. Síntesis conceptual 117

INTRODUCCIÓN

Los virus se reconocen como partículas infectantes carentes de la capacidad de crecimiento, nutrición y respiración propios. Los viriones no se pueden multiplicar fuera de su hospedero específico, debido a su naturaleza estrictamente parasitaria intracelular. Asimismo, son bastante resistentes y permanecen contagiosos bajo condiciones extremas como el congelamiento, las cuales fueron diseñadas para mantener la calidad de los alimentos. Por lo tanto, ninguno de ellos se reproduce en los alimentos; sin embargo, se pueden mantener infecciosos en diversos productos. Los poliovirus de manera natural están acumulados o artificialmente inoculados en ostiones, y luego almacenados a 5 °C, no desaparecen al cabo de 28 días.

1. CONCEPTO

Los virus se encuentran entre las principales causas de enfermedades transmitidas por agua y alimentos. *Las partículas virales se transmiten al hombre a través de los alimentos, a consecuencia de la contaminación directa o indirecta de los comestibles con heces.* Aunque, en algunas ocasiones, los virus transferidos por la vía fecal-oral no dependen de los alimentos como vehículos de transmisión. Algunos viriones toleran el pH bajo del estómago y las condiciones ácido-detergentes del intestino delgado superior. Posteriormente, la partícula viral penetra en la célula apropiada. La enfermedad puede ocurrir cuando la progenie del virus se propaga e infecta a suficientes células, como para interferir con ciertas funciones normales del hospedero. Las formas de infección viral de mayor importancia entre las transmitidas por agua y alimentos son las enteritis y hepatitis.

IMPORTANTE:

Enfermedades virales transmitidas por alimentos. Son afecciones adquiridas por el consumo de alimentos contaminados por virus.

2. VIRUS NORWALK

En 1972, el virus se identificó después de un brote de enfermedad gastrointestinal en Norwalk, Ohio. Más adelante, otras partículas con las características similares fueron descritas y llamadas *virus tipo Norwalk* o *norovirus*. Desde entonces, éstos se han clasificado como miembros de la familia de los *calicivirus*. Los seres humanos son los únicos hospederos conocidos.

Morfología y estructura

Son virus pequeños redondos, estructurados, sin envoltura, de simetría icosaédrica con cápside compuesta de un polipéptido, y de 27 a 35 nm de diámetro (figura 8-1). Su genoma es una molécula de RNA de cadena simple. Pertenece a la familia *Caliciviridae*.

FIGURA 8-1. MORFOLOGÍA DEL VIRUS NORWALK

IMPORTANTE:

Virus Norwalk. Son pequeñas partículas de RNA, rodeadas de una cápside icosaédrica, tienen forma redonda y carecen de envoltura exterior.

Vehículos

Los vehículos identificados en los brotes, incluyen: ostras, agua, hielo, ensaladas, hamburguesas, papas fritas, sándwiches de jamón y pasteles con crema.

Brote

Una epidemia de gastroenteritis por norovirus ocurrió en un centro de rehabilitación en Finlandia, entre diciembre de 1999 y febrero de 2000. Se enfermaron más de 300 pacientes y empleados. Los virus tipo Norwalk se detectaron en tres especímenes del entorno. Las cepas de los pacientes y las ambientales fueron idénticas, lo cual sugiere que la contaminación medioambiental pudo haber sido un factor importante para la diseminación de los calicivirus y la extensa duración del brote.

IMPORTANTE:

Alimentos asociados. Se pueden mencionar ostras, agua, hielo, ensaladas, hamburguesas, papas fritas, sándwiches de jamón y pasteles con crema.

Periodo de incubación

Éste es de 12 a 60 horas.

Síntomas

La sintomatología de la infección incluye náuseas, fiebre, vómito, mialgias y diarrea sin sangre.

Mecanismos patogénicos

Los virus infectan la mucosa proximal del intestino delgado, donde provocan un incremento en la mitosis de las células epiteliales, acortamiento de las microvellosidades y absorción deficiente de D-xilosa, lactosa y grasa.

Tratamiento

La infección suele ser autolimitada y remite sin tratamiento específico y sin secuelas. La administración de líquidos isotónicos por vía oral (según la tolerancia del paciente) en general es adecuada para reponer la pérdida de líquido.

IMPORTANTE:

Gastroenteritis por norovirus. La sintomatología de la infección incluye náuseas, fiebre, vómito, mialgias y diarrea sin sangre.

La administración de líquidos isotónicos por vía oral es recomendable para reponer la pérdida de líquido.

3. ROTAVIRUS

El rotavirus debe su nombre a su aspecto de rueda. La infección suele iniciar como un cuadro gripal y luego se desarrollan los malestares gastrointestinales.

Morfología y estructura

Los rotavirus tienen forma redonda, no poseen envoltura y son icosaédricos (figura 8-2). La cápside proteínica consta de tres capas que rodean a un genoma de 11 fragmentos de RNA de doble cadena. Miden aproximadamente 70 a 75 nm de diámetro. Pertenecen a la familia *Reoviridae*.

IMPORTANTE:

Rotavirus. Son partículas de RNA envueltas por una cápside icosaédrica, tienen forma redonda similar a las ruedas de carreta y no poseen envoltura externa.

Vehículos

Las manos contaminadas con materia fecal, o con el agente patógeno a través de contaminaciones cruzadas durante el manejo de alimentos crudos-cocidos, es un mecanismo de transmisión habitual. La lista de comestibles que causan gastroenteritis por rotavirus incluye platillos fríos, pastel de carne de cordero, pastel casero de fresa, hamburguesas y agua contaminada.

FIGURA 8-2. MORFOLOGÍA DEL ROTAVIRUS

Brote

En el 2006, se controló un brote por rotavirus que ocasionó la muerte de siete menores de cinco años de edad en el poblado de Xocotla, Veracruz (México). Las brigadas médicas manifestaron que 15 días antes se registraron 95 casos de gastroenteritis. Se detectó que los dos abastecimientos de agua entubada de la zona carecían de cloración y que muchas casas obtenían agua a través de pozos artesanos. En Japón, en mayo de 2001, se presentó una epidemia de gastroenteritis aguda que involucró a 45 de un total de 107 alumnos. El prolongado contacto persona-persona durante un viaje escolar se consideró como la vía más probable de transmisión.

IMPORTANTE:

Alimentos asociados. La lista incluye platillos fríos, pastel de carne de cordero, pastel casero de fresa, hamburguesas y agua contaminada.

Periodo de incubación

Éste es de uno a dos días.

Síntomas

El espectro clínico de infecciones por rotavirus varía desde asintomático hasta una enfermedad letal. Los datos clínicos comunes por lo general incluyen vómito, dolor abdominal, diarrea y leve deshidratación. El vómito y la fiebre con frecuencia preceden a la diarrea.

Mecanismos patogénicos

El clivaje parcial de la proteína VP4 de los rotavirus, producido por las proteasas intestinales, incrementa la penetración directa del virión en el enterocito. *La infección de las células de las criptas ocasiona pérdida de la capacidad de absorción, lo cual provoca deyección líquida.* Además, la proteína NSP4 de los rotavirus ocasiona una estimulación hipersecretora del enterocito, que culmina en diarrea.

Tratamiento

En la actualidad no se dispone de tratamiento antiviral específico. Por ende, se recomiendan la prevención de la deshidratación y desequilibrio electrolítico.

IMPORTANTE:

Gastroenteritis por rotavirus. Los datos clínicos incluyen vómito, dolor abdominal, diarrea y leve deshidratación. Los vómitos y fiebre con frecuencia anteceden a la diarrea.

Los cuidados incluyen tratar la deshidratación y el desequilibrio electrolítico.

IMPORTANTE:

Bacterias mesofílicas aerobias. Son un grupo heterogéneo de microbios, que crecen en condiciones aerobias a temperaturas de entre 20 y 37 °C.

Entre las BMA más comunes están *Proteus* sp., enterococos *S. aureus*, *E. coli* y *L. acidophilus*.

Se encuentran en la tierra, excretas humanas, agua, desperdicios orgánicos, productos agrícolas y materiales diversos.

Significado en los alimentos

Los valores de BMA sirven como:

- *Indicadores de la posible presencia de agentes patógenos.* Prácticamente, todas las bacterias patógenas que utilizan a los alimentos como vehículo, son mesófilas; en algunos casos contribuyen a los altos recuentos de microbios encontrados en placas de Petry. Aunque puede considerarse que porciones reducidas de un alimento no aseguran la ausencia de gérmenes patógenos.
- *Indicadores de manejos higiénicos deficientes.* Con recuentos incrementados es posible pensar en el uso de ingredientes muy contaminados. Una cifra alta podría llamar la atención hacia malas prácticas sanitarias, que en lotes paralelos se puede traducir en un riesgo mayor.
- *Indicadores de las condiciones de almacenaje.* En los productos perecederos pueden mostrar límites inadecuados de tiempo/temperatura durante su almacenamiento. En los alimentos secos indican si la humedad se ha controlado.
- *Indicadores de fuentes de contaminación.* Los productos expuestos a materiales o ambientes no estériles, pueden contaminarse con microorganismos provenientes de diversos lugares. En la leche cruda, los recuentos altos se deben al equipo no higienizado, agua de mala calidad y animales sucios, entre otras prácticas insalubres.
- *Indicadores de eficiencia germicida.* Los tratamientos utilizados durante la elaboración de alimentos, buscan reducir la carga bacteriana. Cuando se recuperan cantidades significativas de microbios, después de aplicar un antimicrobiano como el cloro, podría indicar que la concentración no fue la adecuada o que el germen ha adquirido resistencia.

IMPORTANTE:

Recuento de BMA. Tiene utilidad porque es indicador de la posible presencia de agentes patógenos, de manejos higiénicos deficientes, de las malas condiciones de almacenaje, de fuentes de contaminación y de eficiencia germicida.

Alteraciones en los alimentos

Descomposición. En el momento en que la degradación se puede detectar por el olor, sabor y aspecto desagradables, la mayor parte de los alimentos contiene más de 10e6 BMA por gramo. Algunos comestibles pueden ser inaceptables cuando tienen cifras de 10e7 bacterias por gramo; mientras que en productos no fermentados, las poblaciones microbianas alcanzan el orden de 10e9/g, lo cual se correlaciona con una alteración muy avanzada. Los alimentos fermentados (p. ej., el queso) alcanzan cifras similares, pero sin presentar daño. Entre los principales comestibles que se caracterizan por tener conteos de BMA altos, están la leche, carne molida y pescado. La alteración se debe a la actividad de un grupo de microorganismos específicos, los cuales pueden dañar de manera considerable el producto, aunque su desarrollo no sea abundante.

IMPORTANTE:

Modificaciones del alimento por BMA. La principal es la degradación del producto cuando los valores son mayores a 10e6 BMA por gramo.

4. ORGANISMOS COLIFORMES

Definición

Son bacterias aerobias o facultativamente anaerobias, gramnegativas, no esporuladas, fermentadoras de lactosa con producción de ácido láctico y gas dentro de las 48 h de incubación a 35 °C. El término *coliforme* se acuñó para denominar a los microbios que se parecían a *Escherichia coli* y producían colonias similares.

Miembros del grupo

Las bacterias más predominantes pertenecen a los géneros *Klebsiella, Escherichia, Citrobacter* y *Enterobacter.*

Características

Los organismos coliformes (OC) pueden ocasionar algunas alteraciones en los comestibles debido a que son:

- *Heterofermentadores.* Pueden convertir la glucosa en ácido láctico y ácido acético.
- *Putrefactivos.* Poseen una importante capacidad para descomponer diversos productos.
- *Psicrotróficos.* Muchas cepas tienen habilidad para desarrollarse a 20 °C.

Fuentes de contaminación

Los OC se encuentran principalmente en el intestino de los seres humanos y de los animales de sangre caliente. Además, están ampliamente distribuidos en la naturaleza, sobre todo en los desperdicios orgánicos, cadáveres y desechos animales, heces humanas, tierra y polvo, fauna nociva y aguas negras.

IMPORTANTE:

Organismos coliformes. Son bacterias aerobias gramnegativas, fermentadoras de lactosa dentro de las 48 h de incubación a 35 °C.

Los géneros *Klebsiella, Escherichia,* Citrobacter y *Enterobacter* pertenecen a este grupo.

Se encuentran en el intestino de seres humanos y animales de sangre caliente, en los desperdicios orgánicos, cadáveres, desechos animales, tierra y aguas negras.

Significado en los alimentos

La presencia y recuento de OC en los alimentos adquiere significado o es intrascendente, según cada caso particular. Las siguientes son algunas posibilidades:

- *Indicadores de manejos higiénicos deficientes.* Las cantidades altas de coliformes sugieren prácticas sanitarias objetables en el manejo o elaboración de un alimento. Los recuentos altos de OC en la leche pasteurizada, leche en polvo, helados, pastas frescas, fórmulas para lactantes, fideos y cereales para el desayuno indican mala calidad del producto, pero no necesariamente implican un riesgo sanitario. En el jugo de naranja procesado, la presencia de OC no sirve como indicador de calidad sanitaria, ya que se aíslan aun en las condiciones más higiénicas.
- *Indicadores de la eficiencia germicida.* Puesto que los coliformes son más resistentes que las bacterias patógenas intestinales, su ausencia en los alimentos después de un tratamiento desinfectante indica que el producto es bacteriológicamente seguro.
- *Indicadores de potabilidad del agua.* El número de OC en el agua es proporcional al grado de contaminación fecal; mientras más coliformes se aíslan del agua, mayor es la gravedad de la descarga de heces. En México, la norma sanitaria establece que el agua abastecida por el sistema de distribución no debe contener *E. coli*, coliformes fecales u organismos termotolerantes en ninguna muestra de 100 mL.

IMPORTANTE:

Recuento de OC. Tiene utilidad porque es indicador de manejos higiénicos deficientes, de la eficiencia germicida y de potabilidad del agua.

Alteraciones en los alimentos

Mucosidad. Enterobacter cloacae provoca problemas considerables en los ingenios azucareros, al formar gran cantidad de material mucoso en el jugo de la caña de azúcar.

Gasificación. Las aceitunas enlatadas contaminadas por OC pueden liberar gases.

Otros. La putrefacción de carne empacada al vacío y el sabor amargo en algunos quesos eventualmente se asocian a la actividad de los coliformes.

IMPORTANTE:

Modificaciones del alimento por OC. Se presenta mucosidad, gasificación, putrefacción y sabor amargo.

5. COLIFORMES FECALES

Definición

Son coliformes fermentadores de lactosa, con producción de gas dentro de las 48 h de incubación a 44.5 °C.

Miembros del grupo

En este grupo se incluyen *Klebsiella, Escherichia, Citrobacter* y *Enterobacter*. En una muestra con coliformes fecales presentes, la probabilidad de aislar *Escherichia coli* es de 80%.

Características

Los coliformes fecales (CF) podrían ser renombrados como coliformes termótrofos debido a que son:

- *Termotolerantes.* Tienen capacidad para soportar altas temperaturas.

Fuentes de contaminación

Se encuentran en los intestinos de los seres humanos y animales de sangre caliente. Existen muchos CF de vida libre; por ejemplo, en las aguas negras. Asimismo, se pueden aislar en gran cantidad en productos como las hojas de té para beber, lo cual no necesariamente indica riesgo sanitario, ya que no son de origen fecal.

IMPORTANTE:

Coliformes fecales. Son coliformes que fermentan la lactosa con producción de gas dentro de las 48 h de incubación a 44.5 °C.

En este grupo se incluyen *Klebsiella, Escherichia, Citrobacter* y *Enterobacter.*

Se encuentran en los intestinos de seres humanos y animales, así como en las aguas negras.

Significado en los alimentos

Estos microorganismos sirven como:

- *Indicadores del riesgo de enfermedad.* La contaminación microbiológica de las frutas y verduras por microbios de origen fecal proviene principalmente del agua utilizada para riego y lavado de los productos hortícolas. Las cifras altas de CF se asocian a un peligro potencial de enfermedad por patógenos provenientes de los intestinos del hombre y otros animales.
- *Indicadores de contaminación fecal.* En ambientes acuáticos, las concentraciones altas de CF se deben a la eliminación de desechos orgánicos, por lo que se usan para determinar el grado de contaminación bacteriológica en las playas.
- *Indicadores de posible presencia de patógenos.* En ostiones y aguas de esteros se aprecia una mayor correlación entre el contenido de coliformes fecales y la presencia de patógenos intestinales. En concentraciones mayores a 1 000 CF/mL hay 50% de probabilidad de encontrar *Salmonella* sp.

IMPORTANTE:

Recuento de CF. Es útil porque es indicador del riesgo de enfermedad, de contaminación fecal y de posible presencia de patógenos.

Alteraciones en los alimentos

Descomposición. La degradación de los ostiones por los CF se caracteriza por una consistencia floja y pastosa del pie muscular. Simultáneamente, se desarrollan olores desagradables y persistentes.

IMPORTANTE:

Modificaciones del alimento por CF. Se manifiestan descomposición y olores desagradables.

6. MOHOS Y LEVADURAS

Definición

Los mohos son organismos eucariontes, esporulados, carentes de clorofila, que se reproducen sexual y asexualmente, con cuerpo filamentoso o ramificado y con frecuencia rodeado de paredes celulares que contienen celulosa o quitina, o ambas sustancias. Las levaduras "verdaderas" son hongos unicelulares pertenecientes a los ascomicetos, se multiplican por gemación, tienen capacidad para esporular y son aerobias o anaerobias. Desde una perspectiva microbiológica, son levaduras todos los hongos con predominio de una fase unicelular en su ciclo de vida.

Miembros del grupo

Entre los hongos filamentosos más frecuentes en los comestibles podemos mencionar *Mucor, Cladosporium,* Aspergillus y *Penicillium.* Las levaduras habituales en alimentos son Saccharomyces, *Debaryamyces, Candida* y *Zygosaccharomyces.*

Fuentes de contaminación

Los mohos viven en el suelo, materiales diversos, animales, aguas dulce y salada. Los productos agrícolas suelen contaminarse de manera natural por hongos filamentosos y levaduras. Sus esporas están en todo lugar. La habilidad de estos microorganismos para crecer en una variedad de ambientes es la razón por la que pueden estar presentes en muchos tipos de alimentos.

IMPORTANTE:

Mohos y levaduras. Los hongos filamentosos son organismos esporulados, carentes de clorofila. Las levaduras son unicelulares, se multiplican por gemación, tienen capacidad para esporular.

Entre los hongos filamentosos podemos mencionar *Mucor, Aspergillus* y *Penicillium.* Las levaduras habituales en alimentos son *Saccharomyces, Candida* y *Zygosaccharomyces.*

Los mohos viven en el suelo, materiales diversos, animales, productos agrícolas, aguas dulce y salada.

RECUERDA:

Además de los microorganismos indicadores, se investigan los microorganismos índices. Son aquellos cuya presencia en un alimento indica la posible existencia simultánea de gérmenes patógenos ecológicamente relacionados. Un microorganismo puede ser índice e indicador al mismo tiempo.

Escherichia coli es un bacilo gramnegativo, anaerobio facultativo de la familia *Enterobacteriaceae*; se distingue por ser coliforme termotolerante que fermenta lactosa a 44.5 °C, produce indol a partir de triptófano y sintetiza β-glucuronidasa. Estas características bioquímicas permiten su identificación en el laboratorio.

E. coli se considera indicador de contaminación fecal reciente, humana o animal en agua embotellada, leche, jugos, alimentos infantiles y alimentos procesados. Asimismo, se utiliza como índice de la posible presencia de patógenos entéricos en el agua y los alimentos. Sin embargo, su aplicación como indicador indirecto de la presencia de protozoos y virus entéricos es limitada, por lo cual se ha sugerido el uso de bacteriófagos y esporas bacterianas.

Significado en los alimentos

El recuento de hongos filamentosos y levaduras tiene importancia, ya que sirve como:

- *Indicador de manejos higiénicos deficientes.* Los recuentos altos en la maquinaria señalan que no se ha limpiado ésta de manera adecuada y que pudiera contaminar el alimento.
- *Indicador de fuentes de contaminación.* Durante el tratamiento del alimento, el ingreso puede ocurrir a través de agua impurificada, aire que contiene esporas o polvo cargado de hongos filamentosos. Los responsables del diseño de procesos deben ser conscientes de los lugares potencialmente conflictivos para poderlos eliminar.
- *Indicador de la posible vida de anaquel.* El recuento sirve para estimar la frescura en muchos alimentos desecados o congelados, derivados de cereales y lacticíneos. Los productos cárnicos curados, los troceados y los curados tienen como límite máximo permitido para mohos y levaduras < 10 UFC/g.
- *Indicador de riesgos de intoxicación.* Al incrementar su número, ciertas especies de mohos pueden liberar toxinas sobre los comestibles, las cuales, al ser ingeridas, ocasionan enfermedad en el hombre.

IMPORTANTE:

Recuento de hongos filamentosos y levaduras. Tiene importancia ya que sirve como indicador de manejos higiénicos deficientes, de fuentes de contaminación, de la posible vida de anaquel y de riesgos de intoxicación.

Alteraciones en los alimentos

Descomposición. Los hongos filamentosos pueden ocasionar cambios físicos y químicos en los alimentos, los cuales a veces son muy considerables. El moho *Byssochlamys* hidroliza la pectina de algunas frutas y verduras, lo que puede reblandecerlas; además, debido a su termorresistencia causa deterioro en frutas y jugos. En el ajo, cebolla y otras especias se presentan putrefacciones o fermentaciones provocadas principalmente por hongos del género *Botrytis* y *Geotrichum*.

Mucosidad. Las levaduras del género *Debaromyces* frecuentemente se asocian a la producción de moco en las salchichas.

Gasificación. La principal causa de deterioro de aderezos y mayonesas es la contaminación por *Zygosaccharomyces bailii*, lo que provoca disolución de la emulsión, formación de gas y olor desagradable. Los mohos y levaduras pueden invadir y crecer en casi todos los alimentos en cualquier momento.

IMPORTANTE:

Modificaciones del alimento por hongos y levaduras. Las principales son descomposición, mucosidad y gasificación.

7. PSICRÓTROFOS

Definición

Son aquellos microorganismos con capacidad de producir crecimiento visible a temperaturas bajas de 7 °C dentro de 7 a 10 días. Estos gérmenes tienen típicamente un crecimiento óptimo a temperaturas mayores de 20 °C.

Miembros del grupo

Los géneros de microbios psicrótrofos más frecuentes en los alimentos incluyen *Pseudomonas, Alcaligenes, Flavobacterium, Escherichia, Enterobacter, Yersinia, Micrococcus, Proteus, Aeromonas, Chromobacterium* y *Lactobacillus*.

Características

- *Composición de la membrana.* Los psicrótrofos, ante temperaturas bajas, sintetizan una proporción mayor de ácidos grasos poliinsaturados, los cuales disminuyen el punto de fusión de los lípidos.
- *Enzimas termoestables.* Aunque la pasteurización inactiva a los gérmenes, las enzimas generadas permanecen activas y pueden afectar progresivamente el sabor y el aroma durante la comercialización del producto. Son de especial interés las lipasas y las proteasas.
- *Enzimas de choque frío.* Se sintetizan a 10 °C a una tasa 2 a 10 veces mayor que a 37 °C. La proteína CspA indica un proceso adaptativo a temperaturas bajas.

Fuentes de contaminación

Las bacterias del género *Pseudomonas* se encuentran en suelo, agua y otros sustratos. *Enterobacter aerogenes* puede estar presente en el intestino del hombre y animales; asimismo, es un habitante común del agua, tierra y aguas residuales. *Proteus* se halla en el ambiente y es un saprófito común de materia orgánica en descomposición.

IMPORTANTE:

Psicrótrofos. Son aquellos microorganismos con capacidad de crecer a 7 °C en 7 a 10 días.

Entre los psicrótrofos se incluyen *Pseudomonas, Escherichia, Enterobacter, Micrococcus, Proteus, Aeromonas,* y *Lactobacillus*.

Las seudomonas se encuentran en suelo, agua y otros sustratos. *Enterobacter* puede estar presente en intestino, agua, tierra y aguas residuales.

Significado en los alimentos

- *Indicador de fuentes de contaminación.* En los productos lácteos, la presencia de bacterias psicrótrofas se debe a la conta-

minación por agua, tierra o vegetales. Además, se pueden encontrar microbios procedentes de la suciedad en materiales, equipo de ordeña y parte interna de la ubre. En los mataderos de gallinas, después de la evisceración, el agua de lavado aporta a las canales muchos microorganismos psicrótrofos.

- *Indicador de las condiciones de almacenaje.* La alteración por *Pseudomonas* de productos cárnicos refrigerados en aerobiosis revela que fueron almacenados incorrectamente.
- *Indicador de la posible vida de anaquel.* Los alimentos en refrigeración se deterioran conforme se incrementa el número de psicrótrofos, lo cual adelanta la expiración de la fecha de caducidad del producto. Los límites de psicrótrofos recomendados para la leche son < 1.0 × 10e7 UFC/mL.

IMPORTANTE:

Recuento de psicrótrofos. Es un indicador de las fuentes de contaminación, de las condiciones de almacenaje y de la posible vida de anaquel.

Alteraciones en los alimentos

Descomposición. Los grupos *Pseudomononas, Moraxella* y *Alcaligenes* son deterioradores muy dinámicos de los alimentos proteínicos (como intestinos de pollo, carne fresca y pescado) que se almacenan en refrigeración, aun a temperaturas cercanas a 0 °C. *Pseudomonas* spp. desencadena olor dulce, podrido y sulfuroso, debido a que es capaz de atacar a los péptidos y producir cetonas, ésteres, aldehídos y amoníaco.

Síntesis de pigmentos. El color suele asociarse a la intensidad de actividad de los microbios. Los alimentos pueden mostrar tonalidades muy variadas: amarillo, rosa, naranja o rojo. En alimentos cárnicos conservados en refrigeración al vacío, las seudomonas pueden producir sulfuro de hidrógeno (H_2S) que reacciona con la hemoglobina, lo cual ocasiona la aparición de manchas verdes.

IMPORTANTE:

Modificaciones del alimento por psicrótrofos. Destacan la descomposición y la síntesis de pigmentos.

8. TERMODÚRICOS

Definición

Son aquellos gérmenes sobrevivientes en un alimento, después de ser sometido a algún tratamiento térmico relativamente alto. El tratamiento ordinario de referencia es la pasteurización. La mayor parte de microbios termodúricos es incapaz de proliferar a temperaturas de 55 °C o mayores. Para darle mayor valor práctico al recuento de termodúricos, se excluyeron de este grupo a las bacterias esporuladas.

Miembros del grupo

Son géneros importantes de gérmenes termodúricos: *Alcaligenes Corynebacterium, Micrococcus, Enterococcus, Microbacterium, Streptococcus, Lactobacillus* y *Arthrobacter*.

Fuentes de contaminación

Streptococcus se encuentran principalmente en piel, mucosas, aparatos gastrointestinal, genital y respiratorio de los animales y el hombre; aunque algunas especies se aíslan en el agua y lecho de animales. *Corynebacterium* se aíslan de piel y mucosas del hombre y animales, y ocasionalmente del suelo. Las especies de *Arthrobacter* se hallan en el medio ambiente, especialmente en la tierra.

IMPORTANTE:

Termodúricos. Son aquellos gérmenes que sobreviven después de algún tratamiento térmico relativamente alto.

Pertececen a los termodúricos: *Alcaligenes Corynebacterium, Streptococcus, Lactobacillus* y *Arthrobacter*.

Streptococcus se encuentran en piel, mucosas, vías respiratorias, agua y lecho de animales. *Corynebacterium* se aíslan de piel y mucosas del hombre y animales, así como del suelo. *Arthrobacter* se hallan en la tierra.

Significado en los alimentos

Las cifras de bacterias termodúricas se utilizan en la industria láctea porque son:

- *Indicadores de manejos higiénicos deficientes.* Hay una estrecha correlación entre el número de termodúricos y las condiciones de desinfección del equipo y utensilios utilizados durante el manejo de la leche cruda. El recuento alto indica prácticas insalubres durante la ordeña, como ubres mojadas o cargadas de suciedad.
- *Indicadores de fuentes de contaminación.* La proporción de termodúricos es variable con respecto a toda la flora contaminante, aunque se calcula que está presente en 10% de los residuos acumulados sobre las superficies del equipo para pasteurizar.
- *Indicadores de la eficiencia de pasteurización.* Puesto que los termodúricos son más resistentes que las bacterias patógenas, su ausencia en la leche pasteurizada indica que es sanitariamente segura. Otras causas comunes de recuentos incrementados son bombas que pierden poder de succión, uniones sanitarias viejas, pezoneras u otras piezas de goma deterioradas y depósitos de "piedra de leche". Se consideran aceptables valores de 1.0 × 10e4 UFC/mL.
- *Indicadores de la posible vida de anaquel.* El conteo de termodúricos sirve para estimar la fecha de caducidad de productos sometidos a temperaturas de 60 a 80 °C, como la leche y los huevos pasteurizados.

IMPORTANTE:

Bacterias termodúricas. Las cifras de este microorganismo se utilizan en la industria láctea como indicadores de manejos higiénicos deficientes, indicadores de fuentes de contaminación, indicadores de la eficiencia de pasteurización e indicadores de la posible vida de anaquel.

Alteraciones en los alimentos

Descomposición. Algunas especies de *Cornebacterium, Arthrobacter, Lactobacillus, Microbacterium, Micrococcus* y *Streptococcus* pueden sobrevivir al proceso de pasteurización y crecer a temperaturas de refrigeración, en las cuales causan alteraciones de la leche. Las cepas de *Lactobacillus plantarum* y *L. fructivorans* se han aislado en mayonesa degradada.

Olores desagradables. Enterobacter liquefaciens da lugar a malos olores en algunos tipos de carne empacada al vacío. La contaminación por *Micrococcus casei amari* provoca un sabor amargo en la leche.

IMPORTANTE:

Modificaciones de alimentos por termodúricos. Las principales son descomposición y olores desagradables.

9. TERMÓFILOS

Definición

Son gérmenes capaces de proliferar a temperaturas de 55 °C o mayores.

Miembros del grupo

Las bacterias esporuladas termofílicas se dividen en tres grupos principales:

1. Productoras de poco gas, en donde destacan los géneros *Alicyclobacillus* y *Bacillus*.
2. Anaeróbicas productoras de mucho gas, principalmente del género *Clostridium*.
3. Productoras de H_2S, cuyo representante es *Desulfotomaculum*.

Fuentes de contaminación

Los termófilos proceden principalmente del suelo y agua, por lo que casi siempre están presentes en las materias primas, leche, hortalizas y otros productos alimentarios. Es posible encontrarlos en la carne, ya que algunas especies también se desarrollan en los intestinos del hombre y animales.

Características

- *Enzimas termófilas.* La capacidad para proliferar a altas temperaturas está condicionada a la dotación y actividad de enzimas termófilas; típicamente, éstas muestran clara termoestabilidad. La alfa-amilasa de *B. stearothermophilus* resiste a 70 °C durante 24 horas. El carácter de termoestable está muy asociado a una alta concentración de aminoácidos hidrofóbicos en la molécula.
- *Organelos termoestables.* Los flagelos y ribosomas de gérmenes termófilos muestran mayor estabilidad intrínseca al calor.
- *Membrana termorresistente.* La mayor concentración de lípidos saturados en la membrana celular permite al microbio conservar su funcionalidad, aun a temperaturas superiores a la óptima.

IMPORTANTE:

Termófilos. Son microorganismos capaces de proliferar a temperaturas de 55 °C o mayores.

Las principales bacterias esporuladas termofílicas son *Alicyclobacillus, Bacillus, Clostridium* y *Desulfotomaculum*.

Proceden principalmente del suelo y agua. Están presentes en las materias primas, leche, hortalizas, productos alimentarios, carne y en los intestinos del hombre y animales.

Significado en los alimentos

Los recuentos de gérmenes termófilos se utilizan porque son:

- *Indicadores de calidad de ingredientes.* Las materias primas susceptibles de contaminación por termófilos (como sal, azúcar y condimentos) no tienen que presentar estos gérmenes. Igualmente, los límites microbiológicos para alimentos con pH > 4.6 esterilizados comercialmente no permiten la presencia de termófilos aerobios y anaerobios.
- *Indicadores de fuentes de contaminación.* Las esporas de *Bacillus* se distribuyen fácilmente en polvos y aerosoles, y a partir de algunas superficies hacia los alimentos.
- *Indicadores de riesgo de intoxicación.* El peligro para la salud pública radica en el hecho de que las esporas de *Clostridium* o *Bacillus* pueden sobrevivir, romperse y germinar después del tratamiento, cuando las condiciones son aptas para ello. Las bacterias a medida que se desarrollan, sufren autólisis y liberan varias toxinas en el alimento. Estas toxinas se encuentran entre las sustancias más venenosas conocidas.

IMPORTANTE:

Recuento de microbios termófilos. Se utiliza porque sirve como indicador de calidad de ingredientes, de fuentes de contaminación y de riesgo de intoxicación.

Alteraciones en los alimentos

Olores desagradables. Alicyclobacillus producen guayacol y halofenoles, los cuales originan olor y sabor ofensivos en jugos de frutas.

Descomposición. Algunas bacterias esporuladas termófilas, tanto aerobias como anaerobias, provocan degradación cuando los alimentos se mantienen a temperaturas superiores a 45 °C. En muchas ocasiones, el desarrollo de *Bacillus* estimula disgregación en la leche pasteurizada. *Bacillus cereus* causa descomposición de crema. *Bacillus coagulans* presenta esporas menos resistentes al calor y es acidúrico, por lo que ocasiona alteraciones en alimentos enlatados con pH relativamente bajo (p. ej., carnes, concentrados de frutas y jugo de tomate).

Gasificación. Clostridium produce dióxido de carbono e hidrógeno a partir de carbohidratos, lo cual provoca abombamiento en las latas de diversos productos. Estas alteraciones van acompañadas de un olor butírico, semejante a la mantequilla rancia. Además, algunos termófilos pueden producir ácido sulfhídrico, que le proporciona al alimento un olor a huevo podrido.

IMPORTANTE:

Modificación de alimentos por termófilos. Se aprecian olores desagradables, descomposición y gasificación.

10. PROTEOLÍTICOS

Definición

Son un grupo muy heterogéneo de microorganismos, cuya única característica compartida es la capacidad para hidrolizar las proteínas. El resultado de esta acción es la liberación de aminoácidos. El proceso se debe distinguir de la putrefacción, en donde los aminoácidos y otras sustancias son los que sufren el efecto de diversas enzimas, que, anaeróbicamente, dan como productos finales compuestos sencillos del tipo de la urea, amoniaco, ácido sulfhídrico, escatol, cadaverina, putrescina e indol.

Miembros del grupo

Entre éstos se pueden citar a los géneros *Clostridium, Bacillus, Proteus* y *Pseudomonas* como activos proteolíticos; además, muchas especies son putrefactivas clásicas. Por ejemplo, los hongos *Aspergillus, Penicillium* y *Mucor* cuentan con algunas especies formadoras de proteosas, las cuales se utilizan ampliamente en la industria.

Fuentes de contaminación

Las endosporas de *Clostridium* están distribuidas en la naturaleza y son muy comunes en la tierra cultivada y en las heces. *Pseudomonas* se desarrollan mejor en ambientes húmedos como alimentos, agua y materiales diversos. Además, el hombre puede servir como reservorio. Por otro lado, muchas especies de *Aspergillus* se encuentran dispersas en el suelo y materia vegetal en descomposición. *Penicillium* crecen en suelo, en materia orgánica descompuesta y en ambientes con mucha humedad.

IMPORTANTE:

Proteolíticos. Son un grupo de microorganismos que comparten la capacidad para hidrolizar las proteínas.

Entre los integrantes están *Clostridium, Bacillus, Proteus, Pseudomonas, Aspergillus, Penicillium* y *Mucor.*

Las endosporas de *Clostridium* son muy comunes en la tierra cultivada y en las heces. *Pseudomonas* se desarrollan mejor en alimentos, agua y materiales diversos. *Aspergillus* se encuentra en el suelo y materia vegetal en descomposición.

Significado en los alimentos

El conteo de microbios proteolíticos es de mucha utilidad, ya que sirve como:

- *Indicador de la posible vida de anaquel.* Los alimentos perecederos con alto contenido proteínico en refrigeración acortan su fecha de caducidad, conforme se incrementa el número de bacterias proteolíticas. En un producto con signos de descomposición se encuentran cifras de 10e8 UFC/g. A mayor carga bacteriana inicial, el tiempo que se requiere para llegar a la descomposición es menor.
- *Indicador de manejos higiénicos deficientes.* Los recuentos de bacterias proteolíticas sirven para evaluar el procesamiento de productos cárnicos.

IMPORTANTE:

Recuento de proteolíticos. Es de mucha utilidad, ya que es indicador de la posible vida de anaquel y manejos higiénicos deficientes.

Alteraciones en los alimentos

Descomposición. La actividad proteolítica espontánea de los microorganismos en un alimento provoca alteraciones muy variadas, las cuales afectan principalmente el olor, el sabor y, conforme la acción avanza, la textura. Los gérmenes *Alcaligenes, Achromobacter, Flavobacterium* y *Pseudomonas,* también conocidos por su carácter psicrotrófico, presentan mayor actividad proteolítica en la leche y en la carne. Los microorganismos con propiedades psicrotróficas y proteolíticas se han señalado como causa primaria de la descomposición del pescado. Algunos gérmenes termodúricos (como *Enterococcus, Micrococus* y *Bacillus)* contribuyen a la descomposición de la leche pasteurizada especialmente en refrigeración. Muchas bacterias del género *Proteus* participan en la degradación de carnes, mariscos y huevo.

- *Microondas.* Este procedimiento es muy rápido y garantiza la conservación de los nutrientes.
- *Baño maría.* Consiste en colocar un recipiente con el alimento, en otro mayor con agua en ebullición. Se indica principalmente para los alimentos precocidos.
- *Agua corriente.* Es muy rápido, pero puede ocasionar la pérdida de sustancias nutritivas importantes que son arrastradas por la corriente.
- *Fresco del refrigerador.* Consiste en hacer que el comestible pierda el estado de congelación en la parte baja del frigorífico. Es el mejor método desde el punto de vista sanitario. El único inconveniente es que se debe programar por lo menos con 12 h de anticipación

La mayor parte de las bacterias siguen vivas durante la congelación; por lo tanto, los alimentos crudos descongelados sólo se pueden recongelar en algunos casos, ya que la textura y sabor no serán los mismos debido a la reactivación microbiana. Es posible volver a congelar las carnes si se han mantenido a 4 °C, y conservan color y olor normales. Igualmente, se pueden recongelar los mariscos, frutas y vegetales siempre y cuando aún posean cristales de hielo en sus tejidos o envolturas. Una vez cocidos, sí pueden ser recongelados. Los alimentos congelados se deben descongelar completamente antes de cocinarlos. Las comidas que se han congelado y descongelado, nunca se deben volver a congelar.

IMPORTANTE:

Aplicación de congelación en los alimentos. Preserva los productos porque suspende la actividad enzimática y evita la disponibilidad de agua.

Tratamiento por métodos químicos

Ahumado

Es un alimento sometido a la acción del humo para su conservación o para darle cierto sabor. Durante la combustión de la madera, el humo liberado arrastra sustancias químicas volátiles de actividad antimicrobiana como el metanol, formaldehído y ácido acético. El fundamento básico del ahumado consiste en extraer del comestible fresco parte de su contenido acuoso e impermeabilizarlo mediante el humo. La desecación y el poder antiséptico son altamente bactericidas. Sin embargo, se producen hidrocarbonos aromáticos policíclicos, los cuales provocan cáncer. Algunos alimentos cárnicos y otros de origen marino son objeto de ahumado durante su industrialización.

IMPORTANTE:

Aplicación de ahumado en los alimentos. Arrastra sustancias químicas volátiles de actividad antimicrobiana.

Salazonado

Es la conservación de alimentos en sal. Las sales de curado son el cloruro sódico y los nitratos o nitritos de sodio y potasio. El cloruro de sodio es quizás el agente químico preservador de alimentos más popular y antiguamente conocido. A las concentraciones y bajo las condiciones corrientemente utilizadas, estas sustancias no causan una destrucción microbiana rápida; más bien retrasan el desarrollo de los microorganismos perjudiciales de los productos sin tratar por el calor; previenen el crecimiento de los termotolerantes no esporulados y evitan el desarrollo de las esporas que sobreviven al tratamiento térmico más drástico aplicado a ciertos productos curados. Su efecto está determinado básicamente por la conformación de un medio osmóticamente denso que provoca plasmólisis celular.

La sal se utiliza en productos como carne, peces y crustáceos. En cuanto a los nitritos, aunque se desconoce el mecanismo de acción, su uso es muy importante porque impiden la inhibición bacteriana y la formación de la toxina botulínica. Se añaden a jamones, embutidos y otros.

IMPORTANTE:

Aplicación de salazonado en los alimentos. Su efecto se basa en la conformación de un medio osmóticamente denso que induce plasmólisis celular.

Aditivos antimicrobianos

Los aditivos son sustancias no nutritivas añadidas intencionalmente a los alimentos, por lo general en pequeñas cantidades, para mejorar sus propiedades de apariencia como el sabor, textura, olor o almacenamiento. Los agentes conservadores son sustancias capaces de inhibir, retardar o detener los procesos de fermentación, enmohecimiento, putrefacción y otras alteraciones biológicas de los alimentos y bebidas.

Entre los principales antimicrobianos adicionados a los alimentos están:

- *Ácidos orgánicos.* Son una variedad de ácidos que se concentran habitualmente en los frutos de numerosas plantas. Los ácidos orgánicos y sus ésteres se caracterizan por la solubilidad de sus sales y una virtual ausencia de toxicidad. Estos compuestos inhiben o matan a los microorganismos, porque interfieren con la permeabilidad de la membrana celular, al producir un desacoplamiento en el transporte de sustratos y en la fosforilación oxidativa del sistema transportador de electrones.
  - Ácido benzoico ($C6H_5COOH$). Se encuentra de forma natural en arándanos agrios y ciruelas verdes. Los patógenos como *Listeria monocytogenes* y *Escherichia coli* O157:H7 son inhibidos eficazmente a la concentración permitida de 0.1%, cuando el pH se mantiene por debajo de 5.5. Se adiciona a productos como bebidas gaseosas no alcohólicas, sidra, jarabes, aceitunas, aderezos y salsas.

— Ácido láctico ($CH_3CH=CHCH=CHCOOH$). Aparece comúnmente en alimentos fermentados, no en los naturales (excepto carnes). Tiene un efecto antimicrobiano contra diversos gérmenes particularmente en productos cárnicos: por ejemplo, al 2% en paté de hígado contra bacterias aerobias y anaerobias, al 2 a 4% en salchichas contra *Listeria monocytogenes* y al 1 a 3% en la carne de pavo y pollo cocidos contra *Clostridium botulinum*.
— Ácido acético (CH_3COOH). Es una sustancia inocua y tiene un sabor avinagrado. Cuando se incorpora ácido acético a un alimento se expresan dos efectos: uno acidulante y otro preservativo. A concentración de 0.5% tiene efecto sobre hongos toxigénicos. La presencia de 1 a 2% de ácido acético no disociado en carne, pescado o vegetales suele inhabilitar o destruir todos los microbios presentes.

IMPORTANTE:

Aplicación de ácidos orgánicos en los alimentos. Inhibe a los microorganismos porque obstaculiza la permeabilidad de la membrana celular.

- *Bacteriocinas*. Son sustancias proteínicas con actividad antimicrobiana, producidas por diferentes cepas bacterianas. En general, se considera que el carácter de naturales les confiere un potencial tóxico mínimo o inexistente, especialmente si se les compara con los compuestos no propios de los comestibles. Entre las cualidades de las bacteriocinas destacan su termorresistencia, insensibilidad a la congelación, solubilidad en el agua, inocuidad, nulo efecto en el sabor del alimento, acción bactericida y estrecho perfil antibacteriano.

  Por lo general, destruyen la integridad de la membrana citoplasmática a través de la formación de poros, lo que provoca la salida de compuestos pequeños o altera la fuerza motriz de protones necesaria para la producción de energía y síntesis de proteínas o ácido nucleicos. Se ha comprobado que el uso de bacteriocinas puede resultar muy eficaz para reducir la presencia de *Campylobacter* en pollos.

IMPORTANTE:

Aplicación de bacteriocinas en los alimentos. Destruye la integridad de la membrana citoplasmática bacteriana a través de la formación de poros.

Encurtidos

Son aquellos productos preparados con frutas, hortalizas y legumbres, cuya conservación se da por una acidificación que se obtiene por medio de una fermentación láctica espontánea del azúcar del vegetal, en presencia de sal añadida o por adición directa de vinagre vegetal o ácido acético. El ácido acético en las conservas es bacteriostático; su acción se debe a la presencia de moléculas no disociadas, que se considera tienen capacidad de atravesar la membrana plasmática y actuar como un ionóforo de protones. Los ionóforos colapsan la fuerza motriz de los protones, lo que disminuye la actividad de las principales bacterias grampositivas productoras de lactato. Asimismo, el valor del pH interviene, ya que en la medida que la acidez baja, el grado de disociación de las moléculas de ácido acético aumenta en el producto al que se incorpora. Además, la eficacia de la conservación en los encurtidos es afectada por diversos factores como la actividad del agua, tratamientos térmicos, adición de conservadores y antioxidantes, concentración de sal y contenido de sólidos solubles, entre otros.

Consejos generales para la elaboración de conservas:

- Esterilizar los envases y las tapas en agua hirviendo durante 15 minutos.
- Lavar los frutos frescos con agua potable.
- Rellenar con los ingredientes hasta 1 cm por abajo del borde.
- Llenar totalmente el envase con el vinagre natural o especiado.
- Almacenar en un lugar fresco, seco, ventilado y oscuro.

IMPORTANTE:

Aplicación de encurtido en los alimentos. Tiene un efecto bacteriostático; el ácido acético atraviesa la membrana y colapsa la fuerza motriz de los protones, lo que disminuye la actividad de las bacterias productoras de lactato.

Tratamiento por métodos microbianos

En la categoría se incluyen los productos que se obtienen mediante procesos de fermentación.

Fermentación

La fermentación típicamente se refiere a la conversión de azúcar en alcohol, gracias a la acción de levaduras. El proceso a menudo se usa para producir vino y cerveza; también sirve para elaborar ácido láctico, con la finalidad de preservar productos ácidos como pepinos en escabeche, kimchi y yogurt.

IMPORTANTE:

Fermentación. Se refiere a la conversión de azúcar en alcohol, a través de la acción de levaduras.

Generalmente, la fermentación del alimento aporta diversos beneficios para la población, entre éstos:

- *Mejora el valor nutricional*. En la fermentación de maíz, por ejemplo, se incrementa el contenido de lisina, metionina y folacina. Además, las cualidades sensoriales aumentan.
- *Inhibe el crecimiento bacteriano*. El proceso protege contra microorganismos que pudieran estar presentes en el alimento

natural. El mecanismo de este efecto se relaciona primariamente con la acidificación. Otros factores que contribuyen son el antagonismo entre bacterias o la concentración de sal.

- *Aumenta la vida de anaquel.* El tiempo de comercialización se prolonga, lo que permite que los productos estén disponibles todo el año.
- *Favorece la digestión.* La presencia de bacterias lácticas y de enzimas de fermentación en los alimentos ayuda a restablecer el equilibrio de la flora intestinal, lo que resulta beneficioso para el organismo, especialmente en personas con problemas de inflamación abdominal, meteorismo, estreñimiento y diarrea.

Hay varios tipos de fermentación: láctica, alcohólica y otras que se dan de forma natural. La fermentación láctica es la más frecuente y se produce a partir de la lactosa o de otros carbohidratos presentes en cereales, leguminosas y verduras. Se añaden bacterias lácticas a la leche para obtener yogurt o kéfir, y se fermenta el suero de la leche para elaborar requesón. La fermentación alcohólica, entre otros usos, se utiliza para producir bebidas tradicionales poco alcohólicas de algún valor alimenticio (cerveza, sidra, etc.) y para dar volumen a la masa de pan. En esta fermentación, ciertas enzimas convierten los azúcares sencillos, como la glucosa y la fructosa, en alcohol etílico y anhídrido carbónico. Con las fermentaciones naturales se obtiene vinagre de vino, de manzana y otros.

El yogurt es una leche fermentada ácida. Generalmente, en un cultivo se incluyen dos o más bacterias diferentes para conseguir una fermentación más completa, en especial *Streptococcus thermophillus, S. salivarius, Lactobacillus bulgaricus, L. casei* y *L. bifidus*. Las bacterias procesan los azúcares naturales de la leche y liberan ácido láctico como producto de desecho. El aumento de la acidez provoca la coagulación de las proteínas, lo que le da al producto su textura característica. Asimismo, el ácido láctico le confiere a la leche fermentada ese sabor ligeramente acidulado. El yogurt no suele identificarse como vehículo de ETA. Si la fermentación no se realiza oportunamente, algunos patógenos se pueden multiplicar. En el noroeste de Inglaterra, en 1991, se identificaron 16 casos de infección por *Escherichia coli* O157: H7 productora de verotoxina. Un estudio vinculó el consumo del yogurt producido localmente con la enfermedad.

Consejos generales para elaborar yogurt casero:

- Comprobar que los objetos que entren en contacto con la leche estén limpios.
- Colocar los recipientes con yogurt recién preparado en el frigorífico durante 1 h como mínimo, antes de su consumo. Si se dejan reposar 24 h, estarán mejor cuajados.
- Consumir el producto en un lapso entre 8 y 10 días.

IMPORTANTE:

Aplicación de fermentación en los alimentos. Protege contra microorganismos mediante la acidificación, el antagonismo entre bacterias y la concentración de sal.

4. NUEVAS TECNOLOGÍAS EN EL PROCESAMIENTO DE ALIMENTOS

Las innovaciones en la industria alimentaria permiten obtener alimentos mínimamente procesados, seguros, con excelentes cualidades nutricionales y organolépticas, larga vida útil y que satisfacen los gustos del consumidor.

Presión hidrostática

La aplicación de presiones hidrostáticas de más 100 MPa en los alimentos disminuye la síntesis de DNA, aumenta la permeabilidad de las membranas celulares, desnaturaliza proteínas y biopolímeros, e inactiva enzimas; esto afecta la viabilidad de los microorganismos y otros agentes alterantes. Sin embargo, se pueden producir cambios de color, apariencia y textura, aunque los efectos varían de unos productos a otros. En las condiciones habituales de procesado, no se rompen enlaces covalentes, ni se alteran los aromas y el valor nutritivo de los alimentos. Con este proceso se ha realizado la producción comercial de mermeladas de frutas, zumos, gelatinas, salsas, guacamole y jamón cocido.

IMPORTANTE:

Aplicación de presión hidrostática en los alimentos. Provoca aumento en la permeabilidad de las membranas, desnaturalización de proteínas, biopolímeros y enzimas, lo cual afecta la viabilidad de los microbios.

Radiación

Es el tratamiento en el que los alimentos se exponen a la acción de radiaciones ionizantes durante un tiempo determinado, de acuerdo a sus características físicas; de tal forma que la energía que reciban sea la suficiente para esterilizarlos o pasteurizarlos, sin que se altere su estado físico o frescura. Se trata de un proceso en frío; los productos radiados no se vuelven radioactivos, ni se generan residuos químicos, por lo que los alimentos se conservan frescos. La radiación ionizante es altamente letal y su poder de penetración es uniforme; la mayor parte de los daños es a nivel del DNA. La dosis de 10 kGy sirve para reducir el número de microorganismos patógenos y deterioradores, así como para mejorar propiedades tecnológicas de los alimentos. Hay una extensa variedad de productos industriales que se procesan con radiación gamma; por ejemplo, alimentos deshidratados, papa, cebolla, ajo, champiñones, mango, papaya, trigo, arroz, soya, maíz, productos del mar, carne de cerdo y de res, etc.

IMPORTANTE:

Aplicación de radiación en los alimentos. Es altamente letal, su poder de penetración es uniforme, causa daños a nivel del DNA microbiano.

para garantizar la seguridad alimentaria. El HACCP es la maniobra más eficaz para controlar los peligros y asegurar la inocuidad de los comestibles a lo largo del sistema alimentario. El Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA) aplicó esta noción en el desarrollo de material educativo para el público. El USDA identificó los puntos críticos de control educacionales más trascendentales en la prevención de enfermedades transmitidas por alimentos, pero los menos entendidos por los consumidores. Los puntos que se identificaron fueron: adquisición, almacenamiento, preparación, servido del alimento y guardado de las sobras.

El USDA, en la "Guía Rápida para el Consumidor sobre el Manejo Seguro de Alimentos", aporta las siguientes recomendaciones basadas en los cinco puntos críticos de control:

- Cuando vaya de compras, adquiera por último los productos refrigerados, y llévelos rápidamente a casa.
- Cuando guarde los comestibles, refrigérelos para mantener su inocuidad.
- Cuando deshiele los alimentos, descongélelos en el refrigerador.
- Cuando guise el alimento, cocínelo bien para eliminar los gérmenes nocivos.
- Cuando sirva la comida, nunca la deje sin guardar por más de dos horas.
- Cuando guarde las sobras, use recipientes chicos, poco profundos, para que se enfríen rápidamente.
- Cuando tenga dudas acerca del estado de un comestible, es mejor desecharlo.

Otras medidas higiénicas recomendadas son:

- Escoger comestibles cuyo tratamiento previo garantice que son seguros.
- Consumir los alimentos rápidamente después de su preparación.
- Si los productos no se consumen de inmediato, se deben mantener:
  - A 65 °C hasta su consumo en no más de 24 horas.
  - A < 3 °C durante tres días como máximo.
  - A < −18 °C durante no más de cuatro meses.
- Mantener los alimentos perecederos en refrigeración (0 a 5 °C) o congelación (< −18 °C) hasta el momento de ser utilizados.
- No dejar productos perecederos a temperatura ambiente más tiempo del necesario.
- Los platillos elaborados nunca se dejarán enfriar lentamente.
- Las ensaladas de productos proteínicos o de artículos picados se deben mantener < 3 °C hasta su consumo.
- Separar los alimentos crudos de los cocinados.
- Mantener un alto grado de limpieza en locales, utensilios y equipos.
- Las mayonesas, salsas, cremas y natas se mantendrán en refrigeración y se consumirán en no más de 24 horas.
- Las manos se deben lavar con la frecuencia necesaria.
- No preparar comida para otros si se está enfermo.
- Proteger los alimentos contra insectos, roedores y otros animales.
- Utilizar agua potable.

IMPORTANTE:

Prácticas higiénicas. Los puntos críticos de control educativos para la prevención de ETA son: adquisición, almacenamiento, preparación, servido y guardado de las sobras.

La aplicación de sistemas nacionales de control en los alimentos es un requisito fundamental para proteger la salud y seguridad de los consumidores del país. Igualmente, es esencial para garantizar

RECUERDA:

En 1990, la Organización Mundial de la Salud (OMS) formuló las "Diez reglas de oro para la preparación de alimentos inocuos". No obstante, se hizo evidente la necesidad de elaborar algo más simple y de aplicación general. Después, de un año de consultas presentó el póster "Cinco claves para la inocuidad de los alimentos", en el cual se enfatizaron los siguientes mensajes básicos:

1. Mantener la limpieza.
2. Separar alimentos crudos de los cocinados.
3. Cocinar completamente.
4. Mantener los alimentos a temperaturas seguras.
5. Usar agua y materias primas seguras.

El póster se tradujo a más de 40 idiomas y se utiliza para divulgar el mensaje de la OMS sobre la higiene de los alimentos por todo el mundo. Igualmente, otras instituciones han mostrado su preocupación por la limpieza de los comestibles. La Organización Panamericana de la Salud (OPS), en materia de vigilancia y control de las ETA, propuso "El trabajo para la Protección de Alimentos", que se entiende como el conjunto de técnicas, métodos y estrategias que conducen a la obtención de productos inocuos para la salud humana.

la inocuidad y calidad de los productos exportados y para avalar que los alimentos importados se ajustan a las exigencias nacionales. El nuevo marco del comercio mundial exige reforzar los sistemas de control de los alimentos. Asimismo, obliga tanto a las naciones importadoras como a las exportadoras a implementar y hacer cumplir estrategias de control de los alimentos basadas en el peligro.

9. SÍNTESIS CONCEPTUAL

- Las tecnologías de conservación aplicadas en los alimentos, causan inhibición y eliminación de los microorganismos. Entre los métodos físicos están: temperaturas altas, microondas, secado y congelación. Dentro de los químicos están: ahumado, salazonado, ácidos orgánicos, bacteriocinas y encurtidos. En los microbianos se halla la fermentación.
- Las nuevas tecnologías en la industria alimentaria (p. ej., presión hidrostática, radiación y campos eléctricos pulsátiles) permiten obtener alimentos mínimamente procesados, seguros, con excelentes cualidades nutricionales y organolépticas.
- Para evitar los contaminantes del aire se aplica control de: ventilación sanitaria, radiación, desinfección y filtración. Para impedir los contaminantes del agua se aplica control de: ebullición, radiación, filtración, ozonización y cloración, entre otros.
- El personal que elabora alimentos debe estar sano, sin tos, gripe, diarrea o heridas. Los programas de capacitación tienen como finalidad que el personal implicado en la preparación de los alimentos, conozca la trascendencia de su trabajo para garantizar la inocuidad alimentaria. Los puntos críticos de control educacionales para la prevención de ETA son: adquisición, almacenamiento, preparación, servido y guardado de las sobras.

Véase **Bibliografía** cap. 12 Garantía de la calidad microbiológica de los alimentos
Véase **Actividades recomendadas** cap. 12 Garantía de la calidad microbiológica de los alimentos
Véase **Autoevaluación** cap. 12 Garantía de la calidad microbiológica de los alimentos

CAPÍTULO 13

DETECCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN MICROBIANA EN LOS ALIMENTOS

OBJETIVOS

- Identificar las principales técnicas utilizadas en la detección de microorganismos alteradores de la calidad higiénica de los alimentos.

1. Concepto del plan de muestreo 170
2. Clasificación del plan de muestreo por atributos 170
3. Muestreo para análisis microbiano 171
4. Obtención de la muestra 172
5. Criterios microbiológicos 173
6. Curvas operativas 173
7. Métodos de detección microbianos 175
8. Métodos automatizados para detección de contaminantes microbianos 177
9. Síntesis conceptual 179

INTRODUCCIÓN

Las operaciones globales de los alimentos, la seguridad alimentaria, la amenaza del bioterrorismo, la conservación de los productos, la vigilancia de la salud pública nacional e internacional, el deterioro potencial de la comida y la propagación de nuevos agentes microbianos son temas de preocupación para los gobiernos de las diferentes naciones. En este contexto, la detección de microorganismos patógenos resulta fundamental. La inocuidad es de vital importancia para asegurar que los alimentos no representen riesgo alguno para la salud del consumidor, así la determinación rápida y precisa de la cantidad y los tipos de microbios en los sistemas alimentarios son metas trascendentales para ayudar a proteger a la población.

La estimación del número de bacterias en los alimentos se utiliza con frecuencia como indicador de la calidad microbiológica, mientras que la presencia de gérmenes sirve para evaluar la supuesta "inocuidad" alimentaria. Estos procedimientos requieren que se tomen muestras del alimento, se realicen análisis microbiológicos y se evalúen los resultados, posiblemente por comparación con criterios microbiológicos ya establecidos.

1. CONCEPTO DEL PLAN DE MUESTREO

El *plan de muestreo es un programa que indica el tamaño de muestra, la serie de tamaños del espécimen o la cantidad de unidades de cada lote que se deben inspeccionar*; además, los números de aceptación, los valores de rechazo o el criterio para la determinación de la aceptabilidad del lote o producción.

IMPORTANTE:

Plan de muestreo. Programa para la elección del procedimiento de muestreo y del criterio de decisión.

2. CLASIFICACIÓN DEL PLAN DE MUESTREO POR ATRIBUTOS

El plan de muestreo por atributos consiste en analizar una característica de una unidad del producto y clasificarla como "aceptable" o "defectuosa". El número de elementos defectuosos encontrados influye en la decisión de las acciones a tomar. Los planes de muestreo por atributos son los más utilizados en microbiología. Se pueden dividir en dos tipos:

- Programa de atributos de dos clases.
- Programa de atributos de tres clases.

IMPORTANTE:

Plan de muestreo por atributos. Consiste en analizar alguna característica de una unidad de producto y su clasificación como aceptable o defectuosa.

Programa de atributos de dos clases

En este plan, la calidad del producto se puede dividir en dos atributos según los resultados de los análisis. Las muestras se clasifican en admisibles o rechazables (**cuadro 13-1**).

En otros casos se define por tres valores: n, c y m (**figura 13-1**).

- n: la cantidad de unidades de muestra necesarias para efectuar el estudio.
- c: el número máximo admisible de unidades de muestra que pueden presentar resultados insatisfactorios.
- m: la cifra del recuento por encima de la cual la muestra se considera defectuosa o deficiente. Este valor no se tiene en cuenta cuando se realiza una prueba de presencia/ausencia, ya que un sólo resultado positivo es suficiente para que la muestra sea estimada como insatisfactoria.

CUADRO 13-1. CONSIDERACIONES PARA LAS UNIDADES MUESTREADAS EN PLAN DE DOS CLASES

Valor de recuento	Criterio
0 – m	Admisible
> m	Rechazable

FIGURA 13-1. EL PLAN DE MUESTREO DE DOS CLASES SE APLICA PARA DETECTAR PRESENCIA/AUSENCIA, ASÍ COMO PARA EL RECUENTO DE MICROORGANISMOS

El objetivo de este programa es detectar la presencia/ausencia de un determinado microorganismo o comprobar que la cantidad de microbios presentes en esa muestra es mayor a la señalada en el criterio.

IMPORTANTE:

Plan de muestreo por atributos de dos clases. La calidad del producto se puede dividir en dos caracteres: admisibles o rechazables.

Programa de atributos de tres clases

En este plan, la calidad del producto se puede dividir en tres atributos, de acuerdo a la cantidad de microorganismos en las unidades de muestra. La muestras se dividen en: aceptables, dudosamente aceptables, y rechazables (**cuadro 13-2**).

Se define por cuatro valores: n, c, m y M (**figura 13-2**).

- n: la cantidad de unidades de muestras a analizar.
- c: el número máximo permisible de unidades deficientes para aprobar el lote.
- m: el valor de recuento de microbios que separa la calidad buena de la marginal.
- M: el valor de recuento de microorganismos por el cual se rechaza el lote.

CUADRO 13-2. CONSIDERACIONES PARA LAS UNIDADES MUESTREADAS EN PLAN DE TRES CLASES

Valor de recuento	Criterio
0 – m	Admisible
m – M	Dudosamente aceptable
> M	Rechazable

FIGURA 13-2. EL PLAN DE MUESTREO DE TRES CLASES SE APLICA PARA EL RECUENTO DE MICROORGANISMOS

IMPORTANTE:

Plan de muestreo por atributos de tres clases. La calidad del producto se puede dividir en tres caracteres: aceptables, dudosamente aceptables, y rechazables.

3. MUESTREO PARA ANÁLISIS MICROBIANO

La calidad microbiológica de un lote de un alimento determinado se establece en una pequeña parte de todo el conjunto, la cual recibe el nombre de muestra. La porción analizada debe ser representativa, por lo que el método de muestreo debe ser eficiente; de lo contrario, el análisis no sirve para definir la calidad microbiológica del producto estudiado. En las publicaciones se han descrito métodos estándares y recomendados para la toma de muestras.

IMPORTANTE:

Muestreo. Es la técnica para la selección de una muestra a partir de una población.

Número de muestras

El número de muestras designadas para un estudio microbiológico depende de la precisión deseada en los resultados. En el cálculo del tamaño de la muestra se aplican principios estadísticos para asegurar que la determinación sea representativa del lote. *El número mínimo representativo de muestras para un lote es de 1%.* Igualmente, cuando se dispone de muchas unidades, el número suele establecerse a través de la raíz del número de elementos del lote. El resultado se redondea al número entero superior. En algunos alimentos, la legislación establece el número mínimo de elementos a muestrear de acuerdo a la cantidad de unidades que componen el lote (**cuadro 13-3**).

IMPORTANTE:

Número de muestras. La porción analizada debe ser representativa. La cantidad mínima de muestras para un lote es de 1%.

CUADRO 13-3. NÚMERO MÍNIMO REPRESENTATIVO DE MUESTRAS PARA SELECCIÓN DE UN LOTE

Número de unidades que componen el lote	Mínimo de unidades a muestrear
001 a 010	01
011 a 100	02
101 a 300	04
301 a 500	05
501 a 10 000	1% del lote
Más de 10 000	Raíz cuadrada del número de unidades del lote

Tipos de muestreo

Hay diferentes criterios de clasificación de los distintos tipos de muestreo; sin embargo, en general, se dividen en métodos de muestreo no probabilísticos y probabilísticos.

Métodos de muestreo no probabilísticos

En este tipo de muestreo, la selección de los elementos no depende de la probabilidad, sino de las condiciones que permiten hacer el muestreo. Las muestras se eligen mediante mecanismos informales, los sujetos no tienen la misma probabilidad de ser seleccionados, y no aseguran la representación total del lote o población; por consiguiente, no es posible determinar el nivel de confianza para hacer la estimación.

IMPORTANTE:

Métodos de muestreo no probabilísticos. La elección del espécimen no es al azar, sino que sigue criterios subjetivos.

Métodos de muestreo probabilísticos

Los métodos de muestreo probabilísticos son aquellos en los que todos los elementos tienen la misma probabilidad de ser elegidos para formar parte de una muestra; por lo tanto, aseguran la representatividad de la muestra extraída.

Muestreo aleatorio simple. Es el tipo de muestreo probabilístico más común. En este método, cada porción de la muestra tiene una probabilidad igual e independiente de ser seleccionada como unidad del lote o población. En el procedimiento se asigna un número a cada componente del lote o población, y se eligen tantos elementos como sea necesario para completar el tamaño de muestra requerido a través de algún medio mecánico; por ejemplo, esferas dentro de una bolsa, tablas de números aleatorios, números aleatorios generados en una computadora, etc.

Muestreo aleatorio estratificado. En este método, un espécimen se obtiene mediante la separación de los elementos de la población en grupos llamados estratos, y la selección posterior de una muestra aleatoria simple de cada estrato.

Muestreo aleatorio sistematizado. Este método se aplica cuando los elementos de la población, sobre la que se realiza el muestreo, están ordenados en una lista. El procedimiento se basa en tomar muestras de una manera directa y establecida a partir de una sola unidad que se seleccionó en primer lugar. El resto de elementos se determina automáticamente al aplicarle a la primera unidad una regla de selección sistemática. Es decir, en un muestreo aleatorio sistemático se elige un individuo al azar y a partir de él, a intervalos constantes, se seleccionan los demás hasta completar el número de la muestra.

IMPORTANTE:

Métodos de muestreo probabilísticos. Los elementos de la población tienen la misma probabilidad de ser elegidos. Los tipos de muestreo aleatorio son: simple, estratificado y sistematizado.

4. OBTENCIÓN DE LA MUESTRA

La población microbiana presente en los productos alimenticios puede sufrir cambios cualitativos y cuantitativos por una infinidad de factores, que se deben tomar en cuenta para obtener resultados confiables a la hora de realizar los análisis de laboratorio. Entre los puntos que se deben tomar en consideración, están:

- *Objetivo.* En un muestreo es importante tener presente la finalidad del estudio. Las muestras investigadas por una contaminación microbiana donde están presentes patógenos, no pueden ser manejadas de la misma forma que aquellos especímenes destinados a un control sanitario de rutina.
- *Recolección.* La toma de las muestra se efectúa en condiciones asépticas para asegurar la integridad de la misma. Las muestras en el empaque original pequeño se envían sin abrir. En los productos que se encuentran en empaques de gran tamaño, se transfiere higiénicamente la porción representativa a un contenedor estéril. En el aspecto cuantitativo, una muestra unitaria consiste de un mínimo de 100 g de alimento, la porción habitual para el consumidor del producto. Se debe tener cuidado de no sobrellenar las bolsas o fracturar la bolsa por punción. En los alimentos compuestos por distintos elementos, se toman segmentos representativos de cada uno de ellos, tanto en superficie como en profundidad.
- *Material.* Se recomienda usar recipientes de boca ancha, limpios, secos, libres de fugas, estériles y de un tamaño adecuado para la toma de las muestras del producto. Para materiales secos se utilizan cajas de metal, latas, bolsas, o empaques estériles con cierres adecuados. Es necesario disponer por separado de utensilios de acero inoxidable esterilizados como cucharas, cuchillo, tenedor, espátulas y tijeras, para que se puedan utilizar en la toma de muestra. En lo posible se evitan los recipientes de vidrio, pues se pueden romper y contaminar al producto. Dentro de los contenedores estériles, junto con la muestra, se deben enviar controles abiertos o cerrados. Es obligatorio cumplir con todos los elementos de seguridad para una buena toma de muestra, como el uso de bata, tapabocas, gorro, guantes y zapatos antideslizantes.
- *Identificación.* Los especímenes se rotulan de manera individual con una etiqueta. El marcado con una pluma sobre el plástico se debe evitar, porque la tinta puede penetrar en el contenedor. Se adjunta una hoja de solicitud que indique los análisis a realizar. Es conveniente elaborar un registro con datos de todas las muestras, con los tiempos, fechas de recolección y llegada al laboratorio.
- *Transporte.* Las muestras se entregan rápidamente al laboratorio, en condiciones de almacenamiento similares a las originales. Los alimentos perecederos se deben enviar a temperatura de 1 a 8 °C y los comestibles no perecederos a temperatura ambiente. Para llevar el control de la temperatura en especímenes líquidos, se debe tomar una muestra adicional, en la cual se mide la temperatura durante el muestreo y al llegar al laboratorio. Los alimentos refrigerados o congelados se recolectan en contenedores de fabricación rígida, para que lleguen sin alguna alteración. Los contenedores se ponen en un congelador lo suficientemente grande para mantenerlos fríos y espaciados. Generalmente, las muestras refrigeradas deben analizarse en un lapso menor a 36 h después del tiempo de recolección.
- *Almacenaje.* La conservación de los alimentos perecederos es de gran trascendencia para fines oficiales; la Ley General de Salud de México señala que después de la notificación de los resultados, las dudas sobre la autenticidad del análisis se pueden objetar dentro del plazo estipulado en la misma Ley. Las instituciones gubernamentales de salud podrían mandar a analizar la muestra testigo a un laboratorio de tercería, en presencia de las partes interesadas; el resultado obtenido es el que determina el cumplimiento de los requisitos y especificaciones sanitarias del producto en cuestión. No obstante, las muestras testigo en ambientes de conservación adecuada pueden sufrir cambios significativos en sus características nutricionales, biológicas o fisicoquímicas, lo cual ocasiona que los resultados sean inadecuados.

IMPORTANTE:

Toma de muestras. La cantidad de la muestra es de 200 g para realizar los distintos estudios y almacenar por si se requiere repetir el estudio. Los materiales y condiciones deben ser estériles. En los alimentos compuestos por distintos elementos se toman segmentos representativos de cada uno de ellos.

5. CRITERIOS MICROBIOLÓGICOS

Un criterio microbiológico es una norma que sirve para realizar una comparación y evaluación de los datos propios. El criterio microbiológico para determinar la aceptabilidad de un producto o un lote de un alimento se basa en la ausencia o presencia y en la cantidad de microbios o sus metabolitos, por unidad de volumen, masa, superficie o lote.

La Comisión Internacional para la Especificación Microbiológica de Alimentos (*International Commission on Microbiological Specifications for Foods*, ICMSF) recomienda incluir los siguientes factores en un criterio microbiológico:

- *Alimento.* Una descripción del producto analizado, puesto que cada alimento presenta distintos problemas de deterioro y de seguridad al divergir en origen, composición y procesamiento.
- *Microbio.* Un listado de los microorganismos o toxinas capaces de ocasionar dificultades.
- *Tëcnica.* Las especificaciones de los métodos analíticos para detectar o cuantificar tales gérmenes o sus toxinas.
- *Muestreo.* La cantidad y tamaño de la muestra que se debe tomar de un lote.
- *Rangos.* Los límites microbiológicos apropiados, según el alimento y el microorganismo.

IMPORTANTE:

Criterio microbiológico. Define la aceptabilidad de un producto o ingrediente alimentario en base a la presencia o ausencia y el número de microorganismos (o sus toxinas) por unidad de masa, volumen, área o lote.

6. CURVAS OPERATIVAS

La curva operativa característica (curva OC) para un determinado tamaño muestral y un número máximo de defectos consiste en una representación gráfica de las probabilidades de aceptación de un lote para los distintos niveles de incumplimiento del criterio indicador. La probabilidad de aceptabilidad de un lote depende: del tamaño (n) de la muestra, de la cantidad de unidades defectuosas aceptables en el muestreo (c) y de la calidad del espécimen (p).

IMPORTANTE:

Curva operativa. Es la curva que representa el poder discriminatorio del plan de muestreo. La curva OC indica la probabilidad de que un lote con cierta fracción de artículos defectuosos sea aceptado o rechazado.

La curva OC se utiliza principalmente en estudios de control de calidad. Para interpretar las curvas operativas, a continuación se da un ejemplo: supongamos que se recibe un lote de algún producto, con 2% de unidades deficientes, lo cual desconocemos. Luego se decide que la muestra a obtener del lote es de 100 elementos, y que el criterio a utilizar es de c = 3; es decir, si se encuentran 0, 1, 2 o 3 unidades defectuosas se aprueba el lote, pero si se hallan 4 o más, se rechaza. Enseguida, se plantea ¿cuál es la probabilidad de que al elegir aleatoriamente 100 piezas de un lote 2% defectuoso, encontremos 0, 1, 2, 3 o 4 elementos deficientes?

Los planes de muestreo para la aceptación de un lote se representan mediante la curva de muestreo, basada en la distribución de Poisson. La respuesta se obtiene con la aplicación de la siguiente fórmula,

$$P(x) = \frac{(np)^x e^{-np}}{x!}$$

donde n = 100, p = 0.02 y x = 0, 1, 2 y 3. Por lo tanto,

$$P(0) = \frac{(100*0.02)^0 e^{-100*0.02}}{0!} = 0.135$$

$$P(1) = \frac{(100*0.02)^1 e^{-100*0.02}}{1!} = 0.270$$

$$P(2) = \frac{(100*0.02)^2 e^{-100*0.02}}{2!} = 0.270$$

$$P(3) = \frac{(100*0.02)^3 e^{-100*0.02}}{3!} = 0.180$$

El cálculo da una probabilidad total de:

$$PT = P(0) + P(1) + P(2) + P(3) =$$

$$PT = 0.135 + 0.270 + 0.270 + 0.180 = 0.855$$

Este cálculo indica que si se retiran 100 unidades del lote 2% defectuoso, existe un 85.5% de probabilidad de encontrar 0, 1, 2 o 3 defectos. En otras palabras, hay 85.5% de probabilidad de aprobar el lote con el criterio c = 3 para una muestra de n = 100.

Para realizar la curva, primero se prepara una tabla con los títulos correspondientes en las diferentes columnas.

Productos defectuosos	p	n	np	c	Pa

Donde

p = calidad del espécimen

n = tamaño de la muestra

np = número de productos defectuosos

c = cantidad de unidades defectuosas aceptables en el muestreo

Pa = probabilidad de aceptación

Productos defectuosos	p	n	np	c	Pα
1	0.01	100	1	3	0.9810
2	0.02	100	2	3	0.8571
3	0.03	100	3	3	0.6472
4	0.04	100	4	3	0.4335
5	0.05	100	5	3	0.2650
6	0.06	100	6	3	0.1512
7	0.07	100	7	3	0.0818
8	0.08	100	8	3	0.0424
9	0.09	100	9	3	0.0212
10	0.10	100	10	3	0.0103

El np se obtiene de multiplicar n (tamaño de la muestra) por p (calidad del espécimen). La Pα se consigue de las tablas de distribución acumulada de Poisson, después de extrapolar np contra c.

La relación se suele mostrar en forma gráfica, donde p se representa en el eje horizontal y Pα en el eje vertical.

A continuación se establecen dos puntos importantes en la curva operativa: el Nivel de Calidad Aceptable (*Aceptable Quality Level,* AQL) y el Porcentaje Máximo Tolerable (*Lot Tolerance Percent Defective,* LTPD). El AQL se define como el porcentaje de defectos que tiene una probabilidad cercana al 95% de ser aceptado, y se utiliza para precisar el nivel de calidad que se desea obtener del producto. A su vez, el LTPD se conoce como Riesgo del Consumidor, y representa la probabilidad de aceptar el 10% de las veces lotes que tienen un alto porcentaje de defectos.

RECUERDA:

Una curva operativa característica, respecto de un determinado plan de muestreo, describe la probabilidad de aceptación de un lote en función de su calidad efectiva. La curva pone en relación el índice de elementos defectuosos en los lotes (eje de abscisas) y la probabilidad de aceptación de esos lotes en la inspección (eje de ordenadas).

La probabilidad de aceptar un lote con 0 defectos es lógicamente de 100%. Igualmente, cuando el 100% de las unidades es defectuoso, la probabilidad de aceptación del lote es 0%. Por lo tanto, una curva de operación característica siempre pasa por los puntos 0.1 y 100.0. Para porcentajes intermedios de productos imperfectos se debe calcular la probabilidad de aprobación del lote en base al plan de muestreo aplicado.

En la figura 13-3 se muestra una curva operativa, donde la flecha oscura corta la curva para una probabilidad del 95%, y el cruce corresponde a un porcentaje de defectos de 1.6%. Para el LTPD, la flecha clara corta al 10% de probabilidad de aceptación y corresponde a un porcentaje de defectos del 6.7%. El riesgo del productor describe la probabilidad de que un lote aceptable sea rechazado inadecuadamente; mientras que el riesgo del consumidor representa la probabilidad de que un lote defectuoso sea aceptado equívocamente.

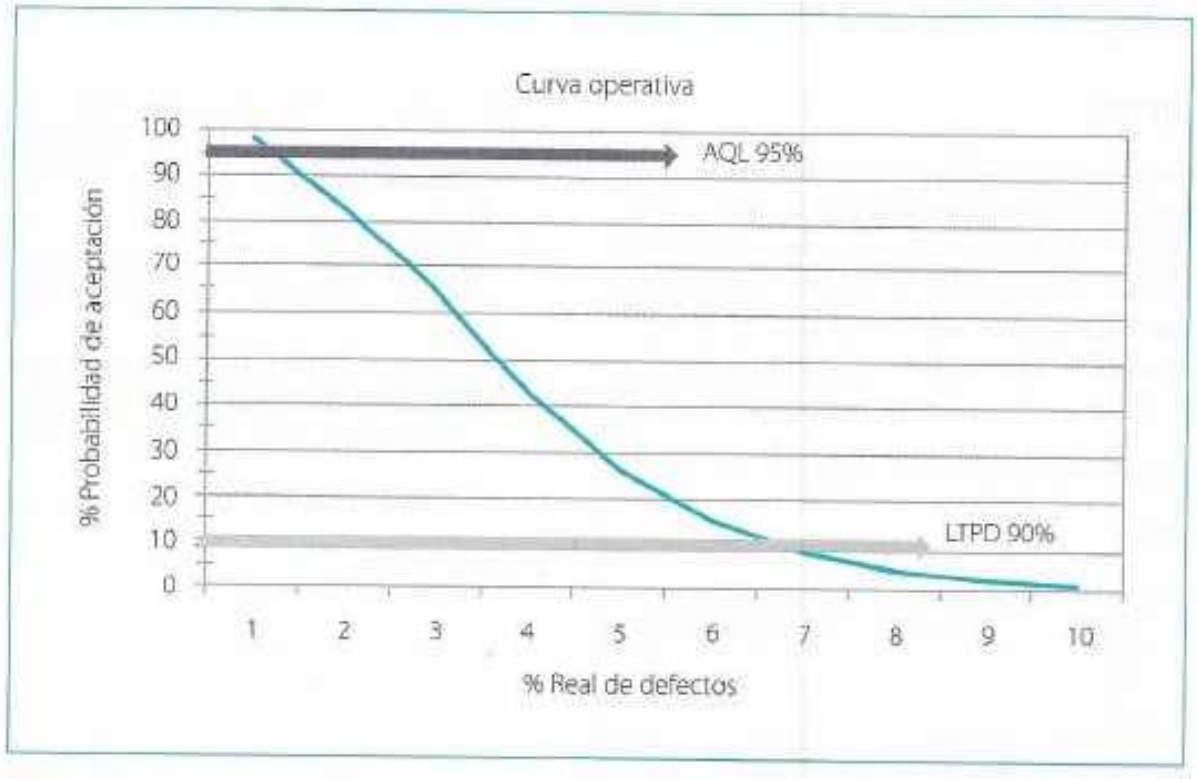


FIGURA 13-3. LA CURVA OPERATIVA REPRESENTA EL PODER DISCRIMINATORIO DEL PLAN DE MUESTREO. AQL: NIVEL DE CALIDAD ACEPTABLE (*ACEPTABLE QUALITY LEVEL*); LTPD: PORCENTAJE MÁXIMO TOLERABLE (*LOT TOLERANCE PERCENT DEFECTIVE*, LTPD)

7. MÉTODOS DE DETECCIÓN MICROBIANOS

Son los procedimientos diseñados para verificar la presencia y la cantidad de microbios indeseables en los comestibles. Las técnicas para la detección de microorganismos en los alimentos, sus ingredientes y su entorno se catalogan en cuantitativas y cualitativas.

Métodos cuantitativos

Establecen el número de microorganismos presentes en una cantidad determinada del alimento; es decir, están diseñados para calcular la carga microbiana de la materia analizada. En otras palabras, cuantifican microbios. Entre las principales técnicas cuantitativas se encuentran:

Recuento microscópico

Consiste en la colocación de un volumen determinado de células sin fijar en una cámara de Neubauer o de Petroff-Hauser para realizar el conteo a través de un microscopio. Se anota el número n de microbios observados en las celdillas. El recuento indica la concentración de células/mL.

Recuento de microorganismos en placa

El método implica preparación de la muestra, dilución seriada, siembra en un agar no selectivo, incubación de las cajas Petri a 35 °C y conteo de las colonias después de 48 h (figura 13-4). La técnica se basa en la premisa de que, cuando una muestra se mezcla con el agar, cada célula microbiana forma a simple vista una colonia separada. Las colonias contadas se expresan como unidades formadoras de colonias (UFC) por gramo o mililitro de muestra.

Cálculo electrónico

El conteo de células bacterianas se realiza por medio de sistemas electrónicos del tipo Coulter. El método radica en colocar en una cámara del contador un volumen determinado de suspensión bacteriana, luego se hace pasar a través un tubo capilar entre dos polos de una corriente eléctrica a otra cámara. Un pequeño orificio de unas 15 µm de diámetro forma parte de un circuito eléctrico, de manera que cada vez que una célula pasa a través del mismo, la conductividad del circuito disminuye y la presencia de la célula se detecta electrónicamente en el lector.

Medidas turbidimétricas

En este método se utiliza un espectrofotómetro que mide la cantidad de luz que transmite una solución o un cultivo líquido de células microbianas. El fundamento es que a mayor masa de células en un cultivo, mayor es su turbidez y menor la cantidad de luz que se transmite, así la lectura es mayor. Se debe preparar una curva patrón o gráfica en la que se relacionen las medidas del espectrofotómetro con la masa celular o el número de células de un cultivo determinado. Los resultados se expresan en unidades de absorbancia.

Método del número más probable (NMP)

El método consiste en la estimación de la cantidad de microbios viables a partir de diluciones sucesivas (1:10). Se inicia con

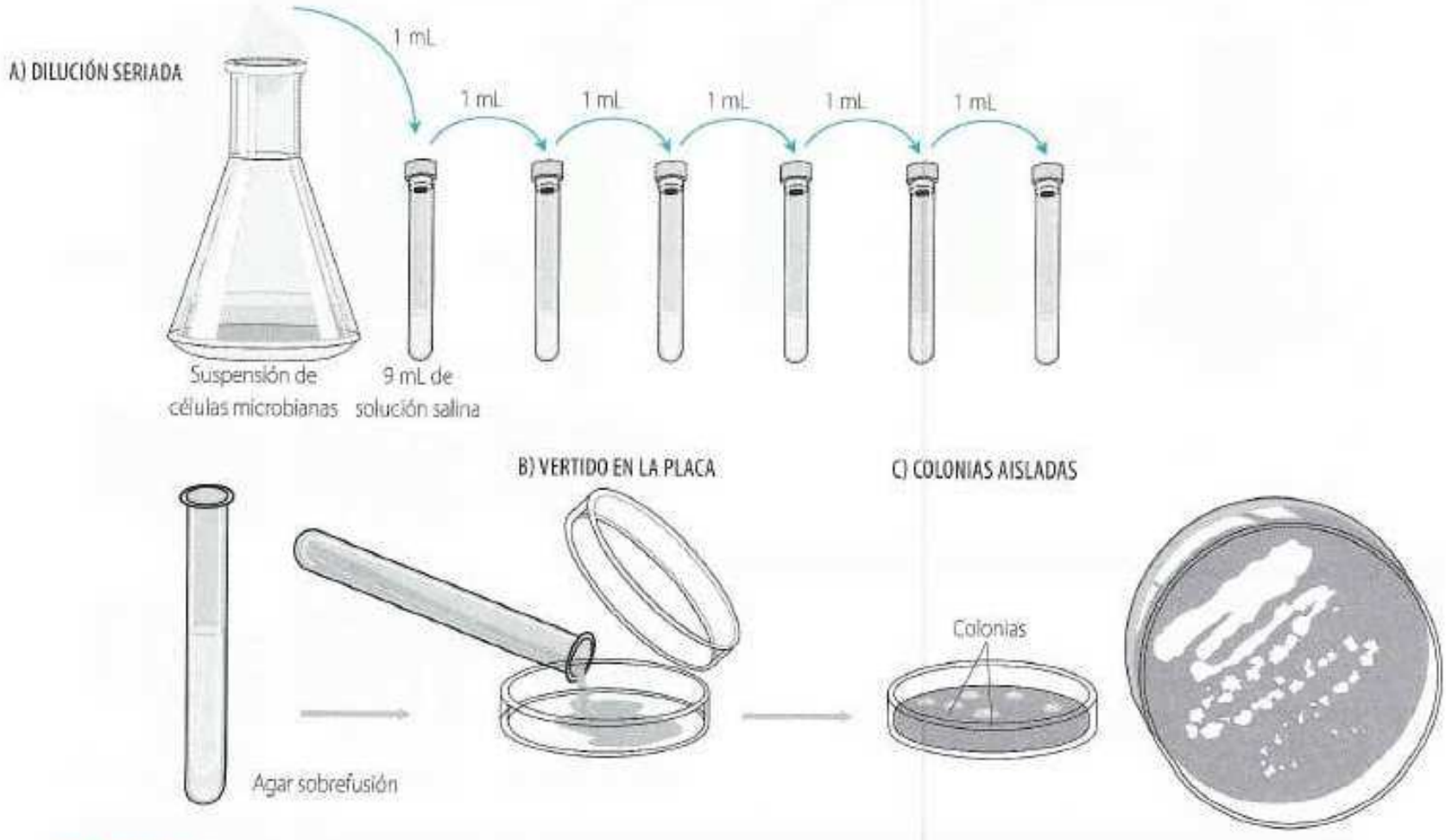


FIGURA 13-4. EN EL RECUENTO DE MICROORGANISMOS VIABLES, CADA COLONIA FORMADA PROCEDE DE UN SIMPLE MICROBIO

1 g de alimento, suelo o sedimento en base húmeda o 1 mL de agua. Luego, de tres o más de las diluciones se inoculan tubos con caldo de cultivo con sustratos y aceptores de electrones específicos. En esta técnica se supone que, en las series de diluciones, los microorganismos se encuentran distribuidos al azar y que, al menos, un microbio se desarrollará (**figura 13-5**). Una reacción positiva se aprecia por turbidez, cambio de color, o producción de algún metabolito determinado en el tubo de cultivo. La estimación de la densidad bacteriana se obtiene por el método estadístico de máxima probabilidad, que utiliza la teoría de las diluciones.

Reducción de colorantes

La proliferación y metabolismo de las bacterias reducen las tinturas azul de metileno, resazurina y trifenilfetrazolium, lo cual ocasiona un cambio en su pigmentación, que puede ser cuantificable. El principio de esta prueba establece que la rapidez de reducción de una concentración específica de colorante añadido a un alimento, durante un periodo de incubación, es directamente proporcional a la carga microbiana inicial del producto.

Determinación de peso seco

El contenido de sólidos de las células microbianas, que se encuentran en una suspensión, se obtiene por el secado de un volumen en un desecador a 105 °C hasta mantener un peso constante. Esta técnica es útil para grandes volúmenes de muestra, debido a que diferencias del orden de los miligramos representan el peso de gran cantidad de microbios.

IMPORTANTE:

Métodos cuantitativos. Establecen la carga microbiana presente en un alimento. Las principales técnicas son: recuento de microorganismos en placa, recuento microscópico, cálculo electrónico, método del número más probable, medidas turbidimétricas, reducción de colorantes y determinación de peso seco.

Métodos cualitativos

Determinan la presencia o ausencia de microorganismos o de algún componente celular en una cantidad dada del producto. En pocas palabras, detectan microorganismos.

Estudios radiométricos

Se mide la incorporación de radiactividad en sustratos o su liberación desde ellos. En una de las pruebas, los sustratos marcados con ^{14}C son metabolizados por microbios, los cuales liberan $^{14}CO_2$ al medio. El gas se difunde hacia la atmósfera de un frasco, se mide periódicamente y se expresa como índice de crecimiento cuando se compara con los niveles de CO_2 de frascos control. El tiempo necesario para detectar el $^{14}CO_2$ es inversamente proporcional a la cantidad presente de microorganismos.

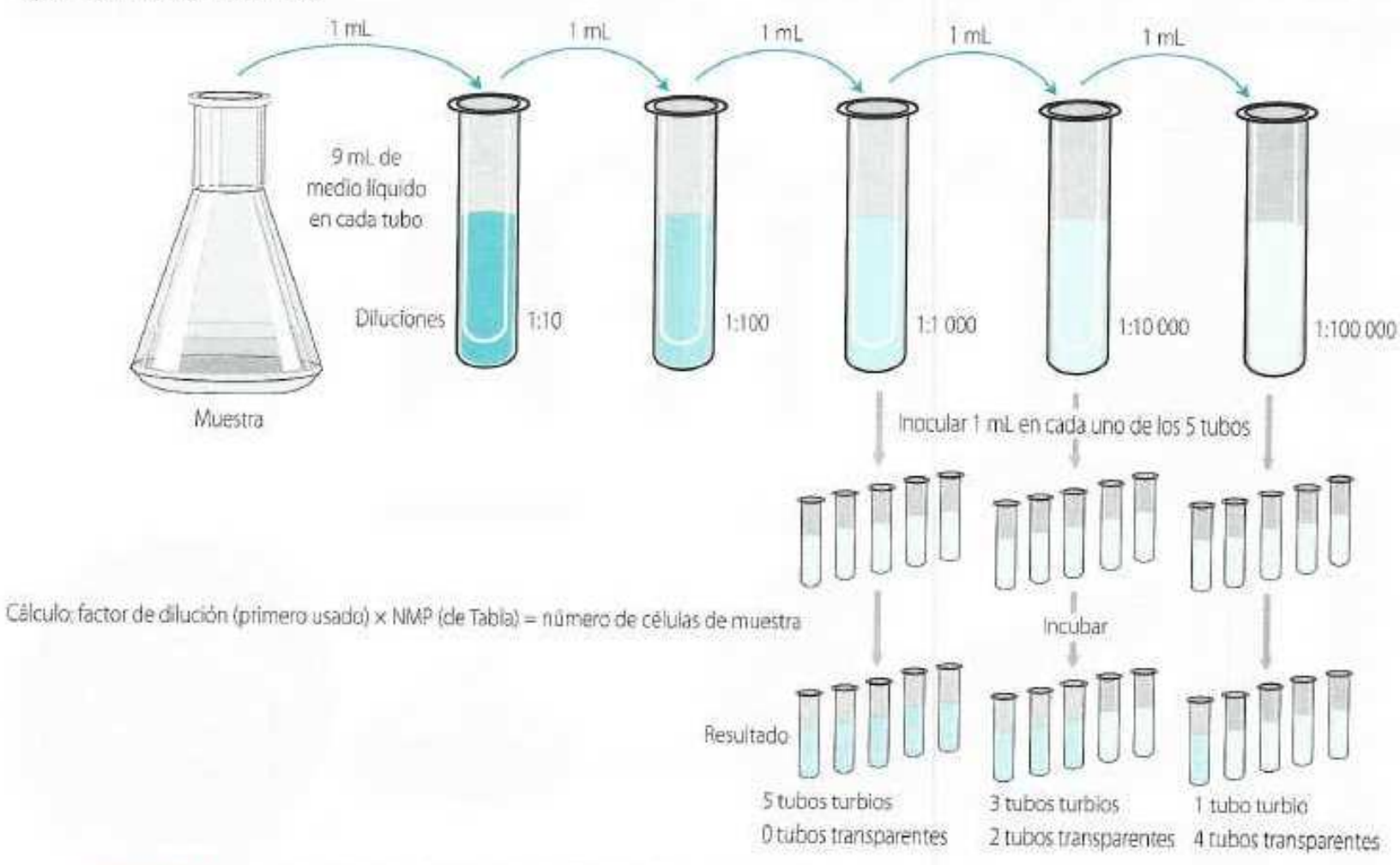


FIGURA 13-5. LA TÉCNICA DEL NÚMERO MÁS PROBABLE SUGIERE QUE UNA SOLA CÉLULA VIVA SE PUEDE DESARROLLAR Y PRODUCIR UN CULTIVO TURBIO. NMP: MÉTODO DEL NÚMERO MÁS PROBABLE

5. ANÁLISIS DE PELIGROS Y PUNTOS CRÍTICOS DE CONTROL

El Sistema de Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control (Hazard Analysis Critical Control Points, HACCP) permite identificar riesgos específicos y medidas preventivas con el fin de garantizar la inocuidad de los alimentos. Es un instrumento para evaluar los riesgos y establecer sistemas de control que se orienten hacia medidas preventivas, en lugar de basarse principalmente en el análisis del producto final. La importancia del HACCP reside en que se puede aplicar en toda la cadena alimentaria, desde el productor primario hasta el consumidor.

IMPORTANTE:

Sistema HACCP. Es una herramienta de gerencia que ofrece un programa efectivo de control de peligros.

El HACCP es una estrategia de aseguramiento de calidad preventiva dirigida a todas las áreas de contaminación, supervivencia y crecimiento de microorganismos. Las acciones en la elaboración de un programa de análisis de peligros y puntos críticos de control consisten en:

- Obtener información segura acerca del sitio y alimentos implicados.
- Revisar las condiciones sanitarias del establecimiento.
- Describir el alimento.
- Precisar el manejo que recibirá hasta del propio consumidor.
- Definir el grupo de población al que se destina.
- Obtener información para preparar el diagrama de flujo de su preparación.
- Verificar el diagrama mediante cuidadosa observación.
- Integrar los grupos de personas y servicios que habrán de participar y capacitarlos.

La procuración de la inocuidad a un alimento que se prepara en una cocina o en una planta elaboradora sigue diseños y lineamientos tan específicos, que cada proceso debe ser objeto de un seguimiento particular. El Comité del Codex sobre Higiene de los Alimentos estableció las directrices recomendadas para desarrollar un programa de HACCP, las cuales consisten en una secuencia de 12 pasos (cinco pasos previos y siete principios HACCP).

Pasos previos

Formación del equipo HACCP. Se establece un equipo multidisciplinario formado por gerentes de planta, producción, sanidad, control de calidad, microbiología de los alimentos, mercadeo, mantenimiento, etc. El responsable técnico de la aplicación del programa en el establecimiento alimentario debe garantizar la capacidad y conocimiento técnico de los integrantes del equipo. En el organigrama se deben describir claramente las funciones y responsabilidades que tiene cada integrante del equipo. La gerencia general debe dar su respaldo al equipo. Cuando no se disponga de la pericia necesaria dentro de la empresa, se puede solicitar ayuda de un asesor externo.

Descripción del producto. Se elabora una delineación completa del producto. Los elementos que debe contener son los siguientes: la composición del producto, estructura y características fisicoquímicas, condiciones de tratamiento, envasado y embalaje, almacenamiento, criterios microbiológicos o químicos oficiales, condiciones de distribución, vida de anaquel requerida e instrucciones de uso.

Determinación del uso. Se debe establecer el uso previsto del alimento en el momento de su consumo. El uso previsto debe aplicarse desde la producción primaria hasta la ingesta. Se apoya en las buenas prácticas de fabricación para evaluar el impacto del empleo de las materias primas, coadyuvantes y aditivos alimentarios desconocidos, prohibidos, y los niveles que afectan la salud del consumidor. En determinados casos, se debe indicar la población objetivo: si es público en general o algunos grupos vulnerables (p. ej., niños menores de cinco años, inmunosuprimidos, ancianos, enfermos, madres gestantes, etc.).

Elaboración del diagrama de flujo. Después de verificar el producto/proceso se elabora un diagrama de flujo sobre el que se establece el plan HACCP. Dicho diagrama debe realizarlo el equipo y la evaluación sanitaria debe tener en cuenta todas las operaciones y actividades que se aplican en las etapas de fabricación del alimento determinado. En el diagrama también se especifica el movimiento de materias primas, productos y residuos; los locales de trabajo; el equipo de distribución; el almacenamiento y la distribución del producto; los movimientos o cambios de personal. El diagrama elaborado etapa por etapa debe garantizar la identificación y control de los peligros potenciales. Además, describe parámetros técnicos relevantes (tiempo, temperatura, pH, acidez, actividad de agua, presión, etc.), tiempos de espera, medios de transporte entre operaciones, productos químicos utilizados en la desinfección de ingredientes y las concentraciones de los aditivos utilizados. En el diseño del diagrama se debe diferenciar entre el proceso principal y los pasos adyacentes, complementarios o secundarios.

Verificación in situ del diagrama de flujo. El equipo HACCP debe comprobar el diagrama de flujo en el lugar de proceso, el cual debe coincidir con el procesamiento del producto en todas sus etapas y momentos. La verificación *in situ* del esquema secuencial diseñado de las etapas de procesamiento es importante para determinar la relación tiempos/temperaturas y las medidas correctivas que sean necesarias para un control eficaz de los peligros potenciales y asegurar la inocuidad del alimento establecido.

Los siete principios

El sistema planea seguir un orden lógico de siete actividades básicas.

1. Identificación y análisis de peligros.
2. Determinación de puntos críticos de control (PCC).
3. Límites críticos.
4. Monitoreo.
5. Acciones preventivas y correctivas.
6. Verificación.
7. Registros.

Análisis de peligros

Consiste en descubrir cualquier operación, incidente o condición que pueda afectar la inocuidad del alimento, desde las materias primas hasta el servicio. Los manuales del HACCP designan como riesgo a cualquier contaminación de naturaleza física, química o biológica. Asimismo, se considera peligro a la posibilidad de multiplicación de microorganismos, que afecta la inocuidad y frescura de un producto.

Se deben identificar los siguientes factores:

- Probabilidad de aparición de peligros.
- Localizar dónde puede ocurrir un descuido en el proceso.
- Vehículos de transmisión.
- Otros factores que contaminen al producto.

IMPORTANTE:

Análisis de peligros. Identifica los peligros y evalúa los riesgos relacionados que los acompañan en cada etapa del sistema del producto.

Determinación de puntos críticos de control

Se define como punto crítico de control (PCC) a una parte del proceso en la cual se puede aplicar una acción encaminada a eliminar, prevenir o reducir la probabilidad de que se actualicen o desencadenen uno o varios riesgos previamente identificados. La OMS, a través del *Codex Alimentarius*, propone un árbol de decisiones para determinar los PCC (**cuadro 14-1**):

La identificación de PCC se basa en:

- Intensidad y probabilidad de aparición del peligro.
- Posibilidades de eliminación o reducción.
- Uso final del producto.

IMPORTANTE:

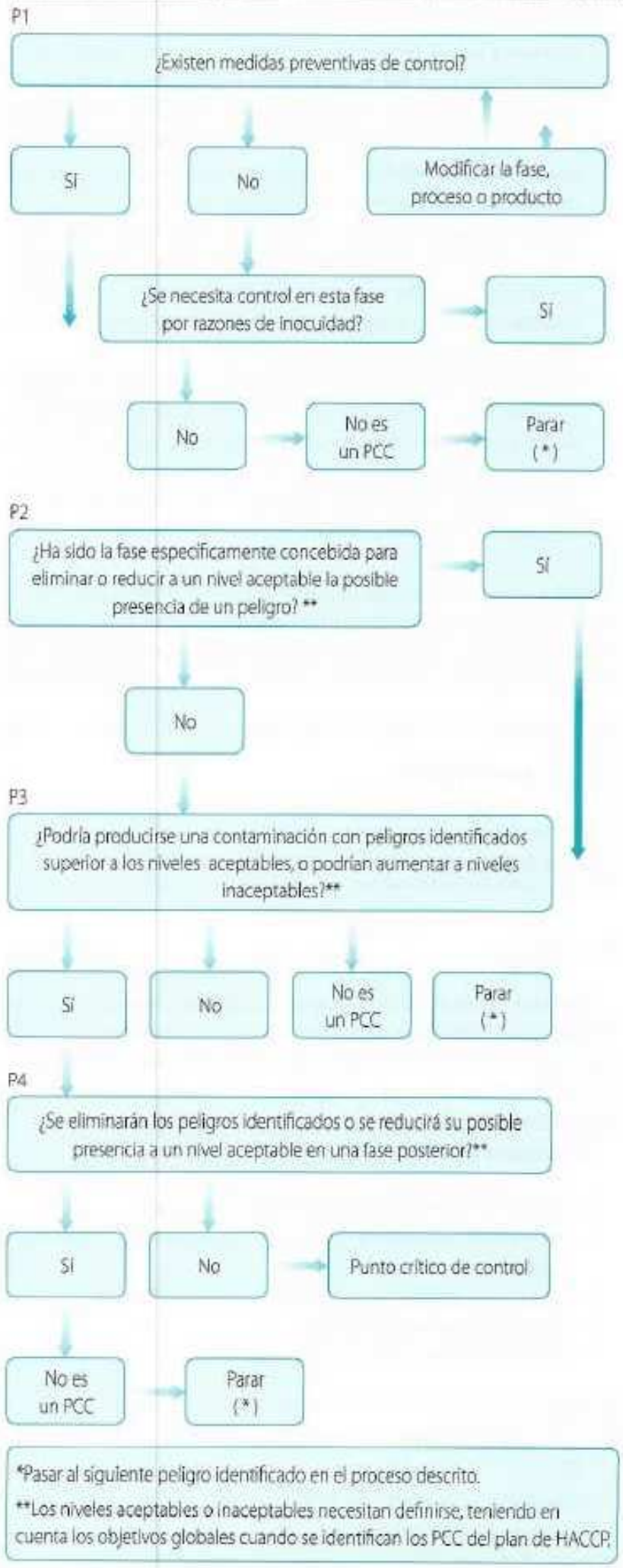
Punto crítico de control. Es una parte del proceso en que se puede aplicar una acción para evitar o eliminar un peligro o reducirlo a niveles aceptables.

Límites críticos

Un límite crítico (LC) es un criterio cuantitativo que debe ser satisfecho en cada medida preventiva concebida para un PCC. Los límites de control crítico se originan a partir de diversas fuentes:

- *Reglamentos.* Las autoridades oficiales del control de alimentos, atentas a los riesgos conocidos y a los resultados del análisis de peligros, proporcionan información para establecer los límites críticos; por ejemplo: las exigencias de tiempo/temperatura para procesos térmicos, el pH de conservas, las tem-

CUADRO 14-1. ÁRBOL DE DECISIONES PARA IDENTIFICAR UN PUNTO CRÍTICO DE CONTROL (PCC)



*Pasar al siguiente peligro identificado en el proceso descrito.

**Los niveles aceptables o inaceptables necesitan definirse, teniendo en cuenta los objetivos globales cuando se identifican los PCC del plan de HACCP.

peraturas y periodo de almacenamiento bajo refrigeración, la cantidad y tamaño máximos de contaminantes físicos, la concentración de residuos químicos, etc.

- *Fuentes bibliográficas.* Los límites críticos también se pueden obtener a través de la consulta de las exigencias establecidas en modelos publicados en revistas científicas, memorias de congresos, libros, etc. Sin embargo, se debe tener cuidado en asegurar que las condiciones de aplicación de un sistema de control de inocuidad de los alimentos concuerden con las indicadas en la información científica en cuestión.
- *Estudios experimentales.* A falta de limitaciones para algunos procesos, se debe elegir un valor conservador o emplear los límites basados en materiales de referencia. Los fundamentos del uso se deben registrar para formar parte de la documentación de apoyo del plan HACCP.
- *Opinión de expertos.* En ocasiones, los datos necesarios para establecer los límites críticos no están disponibles; por lo tanto, se recomienda consultar los estudios de validación de la industria o a los fabricantes de equipos, así como a especialistas del área en cuestión, por ejemplo: ingenieros, microbiólogos, veterinarios, bioquímicos, etc.

Los LC son herramientas importantes que ayudan a que el plan HACCP funcione apropiadamente; además, sirven como frontera para cada PCC. Ejemplos de LC son medidas preventivas como temperatura, pH, concentración de sal, tiempo y nivel de humedad.

IMPORTANTE:

Límite crítico. Es un criterio cuantitativo, que se debe cumplir en cada medida preventiva concebida para un PCC.

Monitoreo

Consiste en conducir una secuencia planeada de observaciones o mediciones de los parámetros de control, para evaluar si un PCC está bajo control. La función principal del monitoreo es la comprobación de que un proceso o maniobra satisface los límites críticos preestablecidos para cada punto crítico de control.

Las técnicas de monitoreo pueden ser:

- Observacionales: limpieza aparente del equipo.
- Sensoriales: aspecto del producto, características organolépticas.
- Mediciones físicas: temperatura.
- Mediciones químicas: acidez.
- Microbiológicas: realizar un frotis.

IMPORTANTE:

Monitoreo. Es la medición u observación programada en un PCC, para evaluar si está bajo control.

Acciones correctivas

Consiste en enmendar la causa de la desviación y controlar el peligro actual o potencial resultante de la desviación. Las acciones que se pueden tomar deben estar previstas en el programa de HACCP escrito. Son específicas para cada PCC, alimento y establecimiento.

Las actividades pueden consistir en:

- Corregir una operación.
- Detener el proceso.
- Desechar el alimento afectado.
- Reprocesarlo.
- Separar la porción cruda de la cocida.

IMPORTANTE:

Acciones correctivas. Establecen las medidas enmendadoras que se adoptarán, cuando la vigilancia en un PCC indique que está fuera de los límites establecidos.

Verificación

Establece los procedimientos de comprobación para confirmar que el sistema de HACCP funciona eficazmente. La verificación es la parte decisiva para establecer de manera segura que la aplicación del sistema conduce a la obtención de un producto libre de agentes patógenos.

La verificación incluye:

- Pruebas de laboratorio.
- Auditorías de las actividades de monitoreo.
- Muestreo.
- Auditorías de los registros de monitoreo, verificación y en plantas.
- Muestreo de medio ambiente.

IMPORTANTE:

Verificación. Establece las operaciones de comprobación para corroborar que el HACCP funciona eficientemente.

Registros y expedientes

Se establece un sistema de documentación sobre todos los procedimientos y los registros apropiados para estos principios y su aplicación. Se incluyen las anotaciones que se realizan para cada PCC y es la evidencia que asegura que el plan HACCP se cumple en la planta procesadora.

Las acciones y elementos que se debe documentar son:

- El diagrama de flujo completo y vigente con sus símbolos.
- La información en la que se fundamentó la asignación de la gravedad y probabilidad para cada riesgo.

- Los criterios utilizados para decidir el grado de control que se alcanzará en cada punto crítico de control.
- Los estudios experimentales realizados para establecer límites de control.
- Los trabajos de la literatura científica pertinentes.
- La precisión y exactitud de los métodos de prueba usados para medir límites de control.
- Los resultados de los monitoreos ordinarios.
- Las cartas circulares de tiempo/temperatura.
- Los rechazos de materia prima, reprocesados o destrucción de producto terminado, junto con la causa de la decisión.

IMPORTANTE:

Registros y expedientes. Se establece un método para archivar todos los procedimientos y los registros de estos principios y su aplicación.

La utilización del HACCP brinda mayor garantía en la higiene de los comestibles que otros métodos de control (como la inspección tradicional o las evaluaciones de calidad del producto acabado), ya que se basa en el conocimiento de los factores que contribuyen a la transmisión de las enfermedades por medio de los alimentos.

RECUERDA:

El HACCP identifica, evalúa y controla los peligros importantes para la inocuidad de los alimentos. Se trata de un enfoque estructurado y sistemático para controlar la inocuidad de los alimentos en la totalidad del sistema del producto, desde el campo hasta la mesa. Requiere un buen conocimiento de la relación entre causa y efecto, con objeto de actuar de forma más dinámica, y es un elemento clave de la gestión de la calidad total (GCT).

El HACCP se basa en la existencia de sistemas de gestión de la calidad sólidamente implantados como son las buenas prácticas de fabricación (BPF), las buenas prácticas de higiene (BPH), las buenas prácticas agrícolas (BPA) y las buenas prácticas de almacenamiento (BPAL).

6. ANÁLISIS DE RIESGOS Y PUNTOS CRÍTICOS DE CONTROL POR GRUPOS DE ALIMENTOS

Para que la aplicación del HACCP de buenos resultados, es preciso que la dirección y el personal se comprometan y participen plenamente en el sistema. Igualmente, según el producto de que se trate, se requiere un trabajo de equipo, en el que deberían intervenir profesionales competentes, por ejemplo: agrónomos, veterinarios, microbiólogos, químicos, personal de producción, ingenieros, médicos, especialistas en salud pública y tecnólogos en alimentos.

Azúcar

El azúcar es un endulzante de origen natural, sólido, cristalizado. Está constituido esencialmente por cristales sueltos de sacarosa, obtenidos a partir de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum L*) o de la remolacha azucarera (*Beta vulgaris L*) mediante procedimientos industriales apropiados.

El proceso para la obtención de azúcar consta de los siguientes pasos:

- Entrada
- Molienda.
- Clarificación.
- Cristalización.
- Centrifugación.
- Refinación.
- Secado.
- Empaque.

Fuentes de contaminación:

- *Materia prima.* La composición del jugo de caña lo hace muy vulnerable a la acción de múltiples microorganismos provenientes del exterior de las cañas y la tierra. Se desarrollan bacterias de los géneros *Actinomyces, Bacillus, Enterobacter, Escherichia, Erwinia, Flavobacterium, Serratia, Streptomyces* y *Thermoactonomyces*, así como levaduras de los géneros *Cryptococcus, Rhodotorula, Debaryomyces, Aspergillus, Penicillium, Monilia, Citromyces* y *Cladosporium.*
- Maquinaria:
  - Picadoras. En el jugo recién extraído, la carga oscila entre 10e7 y 10e9 BMA/mL. Se deposita una masa espesa de material mucoso sobre la maquinaria, ocasionada por la actividad de *Leuconostoc mesenteroides* y *L. dextranicum*, a veces asociados con otros microbios.
  - Evaporadores. La cantidad de bacterias termófilas se acerca a 100/mL en el jugo crudo, aunque la cifra se puede incrementar en etapas ulteriores, con notable decremento en el producto refinado. En el azúcar, la presencia de esporas de bacterias termorresistentes limita su uso en la industria de alimentos procesados con calor. Por ese motivo, se aplican normas microbianas muy estrictas para poder aceptarla en las formulaciones de diversos productos.
  - Filtros. En el azúcar refinada, el contenido microbiano llega a ser < 100 BMA/g, debido a la acumulación de los gérmenes en filtros, bagazo y residuos.
  - Secadores. El azúcar sin refinar puede ser afectada por levaduras osmófilas, y eventualmente hongos xerotolerantes cuando se permite que la Aw rebase niveles de 0.70. Los signos de deterioro son aparentes cuando el contenido llega a ser de 10e7 levaduras/g.
- *Fauna.* En general se considera el azúcar como un material libre de patógenos. No obstante, puede ser vehículo de materia extraña, constituida sobre todo por fauna nociva. El des-

1. CODEX ALIMENTARIUS

El Codex Alimentarius es el cuerpo orgánico de normas básicas y sistematizadas referentes a los alimentos, condimentos, estimulantes y bebidas, así como productos, materias, utensilios y enseres de uso y consumo domésticos. Los controles descritos en el documento de Principios Generales del Codex se reconocen mundialmente y son esenciales para asegurar que los alimentos sean aptos e inocuos para el consumo. Los Principios Generales se recomiendan a los gobiernos, industria y consumidores.

CAC/RCP 1-1969, Rev 4.2003

Los Principios Generales del Codex de higiene de los alimentos tienen como propósito:

- Identificar las bases fundamentales de higiene aplicables a lo largo de toda la cadena alimentaria, a fin de lograr que los alimentos sean inocuos y aptos para el consumo humano.
- Recomendar la aplicación de criterios basados en el sistema de Análisis de Riesgos y Puntos Críticos de Control (*Hazard Analysis and Critical Control Points*, HACCP), para alcanzar el nivel de inocuidad alimentaria.
- Indicar cómo impulsar la aplicación de esos principios.
- Facilitar orientación en códigos específicos que se puedan necesitar para los sectores de la cadena alimentaria, los procesos o los productos básicos, con la finalidad de ampliar los requerimientos de higiene delimitados para dichos sectores.

En los Principios Generales se especifican las formas en que los Estados miembros pueden "aprobar" las normas del *Codex Alimentarius*. Los modos de aprobación varian ligeramente, según se trate de una norma general, de una norma para productos o de límites para residuos de plaguicidas o de medicamentos veterinarios o para aditivos alimentarios. No obstante, en general, las formas de conformidad propuestas son la aceptación completa, la aceptación con excepciones especificadas y la libre distribución.

IMPORTANTE:

Codex Alimentarius. Es un conjunto de estatutos propuestos internacionalmente para asegurar que los alimentos sean aptos e inocuos para el consumo.

2. NORMA ISO

La *International Organization for Standardizationes* (ISO) es responsable del desarrollo de las normas ISO 9000, ISO 14000, ISO 27000, ISO 22000 y otras. Al menos 1 100 nuevos patrones ISO se publican cada año. La ISO ha desarrollado cerca de 18 000 estándares internacionales sobre una gran variedad de temas.

ISO 22000:2005

La Norma ISO 22000 está diseñada para permitir que todo tipo de organización dentro de la cadena alimentaria implemente de forma sistemática la inocuidad de alimentos, a partir de los principios del HACCP. Asimismo, propone aplicar este proceso a través de los conceptos de gestión de la calidad, basados en la Norma Internacional ISO 9001. Ambas normas pueden ser certificadas en forma individual, aunque también se pueden implementar en forma integrada.

La norma combina elementos clave usualmente reconocidos para garantizar la seguridad en la cadena alimentaria, por ejemplo:

- *Comunicación interactiva.* La información a lo largo de la cadena alimentaria es esencial para afirmar que todos los riegos de seguridad están controlados en cada etapa, lo cual implica que la organización se comunique proactivamente con todas las partes interesadas para informarles sobre cualquier variación.
- *Gestión de sistemas.* Los sistemas de seguridad alimentaria más eficaces son los diseñados, operados y actualizados dentro del marco de un sistema de dirección estructurado e incorporado en el manejo total de las actividades de la organización. Esto proporciona una gran ventaja para la organización y partes interesadas. La ISO 22000 toma las consideraciones previstas de los requerimientos de la ISO 9001:2000 para realzar la compatibilidad de las dos normas y permitir su unión o implementación integrada.
- *Control de riesgos para la seguridad alimentaria.* Un sistema efectivo puede controlar los peligros de seguridad alimentaria a niveles aceptables, ya sea en productos terminados o entregados a la etapa posterior en la cadena de suministro, mediante programas de requisitos esenciales y planes de Análisis de Riesgos y Puntos Críticos de Control.
- *Mejora y actualización continuas del sistema de gestión de la seguridad alimentaria.* La evaluación del estado en el que se encuentra el sistema de gestión de la organización permite contrastarlo con los requisitos de los modelos a implementar. Tambien se determinan las brechas a cubrir por la organización a lo largo de todo el proceso de implementación. Además, se establecen las necesidades de capacitación específicas. Las acciones necesarias se ejecutan para valorar internamente el sistema integrado de gestión, la auditoría interna y la revisión por la dirección. Asimismo, la organización participa en el levantamiento de las acciones correctivas o preventivas derivadas de esta etapa.

IMPORTANTE:

Norma ISO. Son normas genéricas sobre sistemas de calidad, aplicables a toda organización, ya sea de bienes o servicios que abarcan a todos los niveles.

3. NORMATIVIDADES MEXICANAS

En México se aplican las siguientes normatividades:

- *Código Alimentario.* Es un conjunto de estatutos propuestos por la Comisión del *Codex Alimentarius;* un organismo

subsidiario de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) y de la Organización Mundial de la Salud (OMS). En estas normas se aconseja a los gobiernos tener en cuenta la necesidad de la seguridad alimentaria de todos los consumidores, y apoyen las medidas contenidas en estos documentos emitidos por la Organización de las Naciones Unidas (ONU) a través de la FAO y la OMS, cuando formulen políticas y planes nacionales relativos a los alimentos.

- *Norma Oficial Mexicana (NOM).* Es la regulación técnica de carácter obligatorio que contiene terminología, clasificación, características, cualidades metrológicas, especificaciones, muestreo y métodos de prueba que deben cumplir los productos, servicios o procesos cuando puedan constituir un riesgo para la seguridad de las personas, o dañar la salud humana, animal o vegetal en el medio ambiente general o laboral, o bien causar daños en la preservación de los recursos naturales.
- *Norma Mexicana (NMX).* Su aplicación es voluntaria. Es el instrumento técnico elaborado por un organismo nacional de normalización, y a falta de este último, por la Secretaría de Comercio y Fomento Industrial (SECOFI); dicho instrumento establece especificaciones de referencia para aumentar la calidad de los bienes y servicios en términos de lo dispuesto en la Ley Federal sobre Metrología y Normalización (LFMN).
- *Norma ISO.* Son normas genéricas, no específicas, que permiten ser usadas en cualquier actividad ya sea industrial o de servicios. Son normas sobre sistemas de calidad aplicables a toda organización, ya sea de bienes o servicios, que abarcan a todos los niveles. Un sistema de calidad implementado de acuerdo a estas normas permite que toda actividad de la empresa, desde el desarrollo de productos hasta el servicio de posventa, sea llevada a cabo en forma estandarizada y registrada. Todos los trabajos realizados por la ISO resultan en acuerdos internacionales, los cuales son publicados como Estándares Internacionales.

La aplicación de alguna de estas políticas podría dar como resultado un sistema sanitario más efectivo; sin embargo, sería más recomendable trabajarlas de manera conjunta y no como pautas independientes (figura 15-1).

IMPORTANTE:

Normatividades. En México se aplican el Código Alimentario, la Norma Oficial Mexicana (NOM), la Norma Mexicana (NMX) y la Norma ISO.

4. NORMAS OFICIALES MEXICANAS

Las Normas Oficiales Mexicanas (NOM) son regulaciones técnicas de observancia obligatoria, expedidas por las Dependencias de la Administración Pública Federal, que establecen reglas, especificaciones, atributos, directrices, características o prescripciones

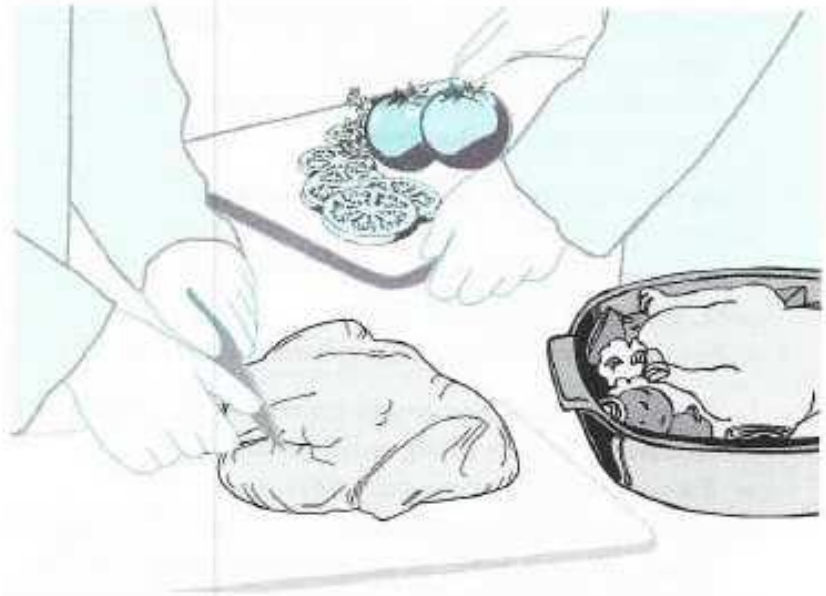


FIGURA 15-1. LA PREPARACIÓN INOCUA DE ALIMENTOS DEPENDE DE NORMAS NACIONALES E INTERNACIONALES

aplicables a un producto, proceso, instalación, sistema, actividad, servicio o método de producción u operación, así como aquellas relativas a terminología, simbología, embalaje, marcado o etiquetado y las que se refieran a su cumplimiento o aplicación. Para la elaboración de las NOM se han constituido diversos Comités Consultivos Nacionales de Normalización, los cuales están integrados por el gobierno federal, sector privado, sector académico y sector social.

NOM-251-SSA1-2009

Prácticas de higiene para el proceso de alimentos, bebidas o suplementos alimenticios. Establece los requisitos mínimos de buenas prácticas de higiene que se deben observar en el proceso de alimentos, bebidas o suplementos alimenticios y sus materias primas, a fin de evitar su contaminación a lo largo de su proceso.

En los establecimientos se debe llevar a cabo lo señalado a continuación:

- Corroborar las propiedades generales para aceptación o rechazo en carne, aves, pescado, lácteos, etc.
- Reconocer las características del equipo, áreas de almacenaje, así como métodos para la conservación y almacenamiento de alimentos.
- Realizar las técnicas para manipulación correcta de alimentos durante su preparación y servicio; por ejemplo, los alimentos de origen vegetal se deben lavar con agua, jabón, esponja o cepillo, cloro o plata coloidal. Respecto a los pescados, mariscos y carnes que se sirven crudos, así como en los platillos que contengan huevo crudo se debe:
  - Confirmar que las materias primas que se utilizan no han sufrido cambios en sus características organolépticas, de tal manera que no impliquen riesgos a la salud.
  - Cambiar de los recipientes en que se recibieron; en caso de que se exhiban, se deben colocar en recipientes limpios, cerrados y mantenerse a la temperatura indicada.

  - Notificar al consumidor que el platillo que solicita está elaborado a base de alimentos crudos.
  - Cumplir con el lavado y desinfección antes mencionado, para el caso de las salsas crudas.
- Comprobar las características de las instalaciones físicas del establecimiento.
- Corroborar la presentación del personal; es decir, uniforme, cofia, guantes y prácticas de higiene.
- Aplicar la siguiente técnica para el lavado de manos:
  - Frotar vigorosamente ambas superficies de las manos y antebrazo, durante 20 seg como mínimo.
  - Enjuagar muy bien con agua limpia.
  - Poner particular atención en las áreas por debajo de las uñas y entre los dedos; se utiliza cepillo para su lavado.
  - Lavar las manos con agua, jabón y desinfectante, secar con toallas desechables o aire caliente.
- Realizar el lavado de manos antes de comenzar labores; manipular vajilla limpia, alimentos crudos, cocidos o desinfectados; después de ausentarse del área de trabajo; manipular basura, sonarse la nariz o toser, rascarse, saludar de mano, ir al baño; manipular dinero o alimentos crudos y tocar perillas o puertas de equipo sucio.
- Retirar del área de almacén o de preparación al personal que padezca un padecimiento transmisible, heridas o abscesos. Cualquier individuo afectado por alguna enfermedad gastrointestinal, respiratoria o parasitosis sólo se reintegrará al trabajo cuando se encuentre sano.
- Cumplir con las especificaciones señaladas en el apéndice normativo en el caso de los materiales, recipientes, equipo y utensilios que se empleen en cualquiera de las fases del proceso de alimentos.

Las siguientes son algunas de las temperaturas que se deben controlar:

- En cámara de refrigeración y refrigeradores −7 °C o menos.
- En cámara de congelación, congeladores o neveras −18 °C o menos.
- Los alimentos fríos se deben mantener a 7 °C o menos.
- Los alimentos calientes se deben mantener a 60 °C como mínimo.
- En aves o carnes rellenas, la temperatura interna de cocción debe ser 60 °C o más.
- En carnes de cerdo, la temperatura interna de cocción debe ser 60 °C o más.
- En alimentos recalentados, la temperatura debe ser de 74 °C como mínimo y mantenerse a 60 °C.
- En agua para desinfección de utensilios, loza y cubiertos de 75 a 82 °C.
- En la mayor parte de los alimentos se recomienda que deben estar expuestos a la temperatura ambiente el menor tiempo posible.

RECUERDA:

La NOM-251-SSA1-2009 cuenta con el apéndice Sistema de Análisis de Peligros y de Puntos Críticos de Control (HACCP) y directrices para su aplicación. En este apéndice se ofrecen orientaciones generales para la aplicación del sistema, a la vez que se reconoce que los detalles para la aplicación pueden variar según las circunstancias de la industria alimentaria.

IMPORTANTE:

Normas Oficiales Mexicanas (NOM). Es la regulación técnica de carácter obligatorio que deben cumplir los productos, servicios o procesos cuando puedan constituir un riesgo para la seguridad de las personas.

5. NORMA MEXICANA

Una Norma Mexicana (NMX) es aquella elaborada por un organismo nacional de normalización, en la que se prevén (para uso común y repetido) reglas, especificaciones, atributos, métodos de prueba, directrices, características o prescripciones aplicables a un producto, proceso, instalación, sistema, actividad, servicio o método de producción u operación, así como aquellas relativas a terminología, simbología, embalaje, mercado o etiquetado.

NMX-F605 NORMEX -2004

Descripción. Alimentos. Manejo higiénico en el servicio de alimentos preparados para la obtención del distintivo H. Esta norma establece las disposiciones de buenas prácticas de higiene y sanidad que deben cumplir los prestadores de servicios de alimentos y bebidas para obtener el distintivo H. El distintivo H es un reconocimiento que otorgan la Secretaría de Turismo y la Secretaría de Salud a aquellos establecimientos fijos de alimentos y bebidas, por cumplir con los estándares de higiene que marca la Norma Mexicana NMX-F605 NORMEX 2004, con la finalidad de disminuir la incidencia de enfermedades transmitidas por los alimentos en turistas nacionales y extranjeros, y mejorar la imagen de México a nivel mundial con respecto a la seguridad alimentaria. La obtención del distintivo implica el cumplimiento de 92 estándares, divididos en rubros como: higiene personal, manipulación de alimentos, limpieza de equipos y utensilios, limpieza de las instalaciones y acondicionamiento físico de las mismas. El distintivo H tiene vigencia de un año y, de no ser renovado, la empresa que lo exhiba debe retirarlo de la vista del cliente.

IMPORTANTE:

Norma Mexicana (NMX). Es el instrumento técnico de aplicación voluntaria, que establece especificaciones de referencia para aumentar la calidad de los bienes y servicios en términos de lo dispuesto en la Ley Federal sobre Metrología y Normalización.

IMPORTANTE:

Reglamento Sanitario Internacional. Es un instrumento cuyo objetivo es conseguir la máxima seguridad posible para el control de la propagación internacional de enfermedades infecciosas y dar una respuesta inmediata a todos los eventos que pongan en riesgo la salud de una población.

6. REGLAMENTO SANITARIO INTERNACIONAL

El Reglamento Sanitario Internacional (RSI) es un instrumento jurídico internacional de carácter vinculante para 194 países, entre ellos, todos los Estados miembros de la Organización Mundial de la Salud (OMS). En mayo de 2005, fue adoptado por la Asamblea Mundial de la Salud. *El Reglamento establece las normas que deben cumplir los países integrantes de la OMS para evaluar, notificar y responder oportunamente a los riesgos y emergencias de la salud pública.* El RSI busca prevenir, proteger, controlar y responder contra la propagación internacional de enfermedades. La respuesta debe ser proporcional y limitada de acuerdo a los riesgos para la salud pública, a fin de evitar interferencias innecesarias en el tráfico y el comercio mundiales.

Las obligaciones fundamentales de los Estados miembros son:

- Notificar a la OMS todos los eventos que puedan constituir una emergencia de salud pública de interés internacional.
- Responder a las solicitudes de verificación de la información referente a peligros de salud pública.
- Comunicar a la OMS los indicios de riesgos de salud pública que aparezcan en otro territorio, los cuales puedan resultar en la propagación internacional de una enfermedad.
- Responder a los riesgos de salud pública que impliquen la amenaza de transmisión de una enfermedad a otros países.
- Desarrollar y mantener la habilidad para detectar, notificar y reaccionar a ciertos eventos definidos en el Reglamento.
- Ejecutar acciones sistemáticas de inspección y control en los sitios de entrada internacionales para prevenir la transmisión mundial de enfermedades.
- Realizar todo lo que esté a su alcance para aplicar completamente las medidas encomendadas por la OMS.

El RSI exige a los países mejorar sus medios actuales de vigilancia y respuesta sanitarias. La OMS, en colaboración estrecha con los países y los asociados, presta apoyo y asesoría técnica a fin de conseguir los recursos necesarios para aplicar puntual y eficazmente la nueva normativa. La aplicación del RSI no se limita a enfermedades específicas. Se desea que el Reglamento mantenga su pertinencia y aplicabilidad durante muchos años, aun frente a la evolución incesante de las enfermedades y de los factores que determinan su aparición y transmisión.

7. LEGISLACIÓN SANITARIA EN DIVERSOS PAÍSES

Durante el decenio de 1990, el Consejo y el Parlamento Europeo adoptaron un conjunto de reglamentos y directivas que reestructuran y actualizan las normas de higiene de todos los alimentos, incluidos los productos de origen animal. Actualmente, las normas revisadas se estructuran bajo un marco común, el Reglamento 852/2004, relativo a la higiene de los productos alimentarios, el cual establece con carácter general un planteamiento integrado para garantizar la seguridad alimentaria desde el lugar de producción primaria hasta su puesta en el mercado o exportación. El Reglamento 853/2004 establece normas específicas de higiene de los alimentos de origen animal, los cuales se asocian con frecuencia a riesgos microbiológicos y químicos.

En España, el Real Decreto 19/2014 dio origen al nuevo organismo autónomo denominado Agencia Española de Consumo, Seguridad Alimentaria y Nutrición (AECOSAN). Entre las principales funciones que realiza la AECOSAN se pueden mencionar las siguientes:

- Identificar y coordinar los foros intersectoriales e interterritoriales con competencias en el consumo, la seguridad alimentaria y la nutrición.
- Establecer y mantener los mecanismos necesarios para actuar de modo integrado en la red europea de agencias u organismos de consumo, seguridad alimentaria y nutrición.
- Elaborar propuestas de ordenación y propuestas normativas en materia de bienes y servicios, que faciliten y mejoren la protección del consumidor, así como informar ordenadamente los proyectos de normas, autorizaciones o propuestas que afecten a los servicios o productos de consumo no alimentarios.
- Impulsar la estrategia de la nutrición, actividad física y prevención de la obesidad, de acuerdo a lo establecido en la Ley 17/2011, de seguridad alimentaria y nutrición.
- Diseñar y gestionar estrategias de comunicación del riesgo alimentario, de los beneficios y riesgos, ya que establece los mecanismos precisos que faciliten la adecuada percepción del consumidor, así como la comunicación de otros riesgos que afecten la seguridad de los consumidores.
- Realizar análisis, pruebas y estudios sobre la calidad y seguridad de los alimentos, bienes y servicios de uso y consumo, la formación y asesoramiento de personal técnico, el desarrollo de métodos analíticos y su difusión.

- Preparar acciones judiciales en defensa de los intereses generales de los consumidores, según lo previsto en la legislación vigente.

La Agencia refuerza la presencia de España en todas las decisiones relacionadas con la seguridad alimentaria y el consumo en el ámbito de la Unión Europea. Además, de la AECOSAN dependen tres laboratorios nacionales de referencia: el Centro Nacional de Alimentación (CNA), el Laboratorio de Referencia Europeo de Biotoxinas y el Laboratorio Arbitral de Consumo.

En Argentina, el Código Alimentario fue puesto en vigencia por la Ley 18.284, reglamentada por el Decreto 2126/71. Es un reglamento técnico en constante modernización, que instituye las normas higiénico-sanitarias, bromatológicas, de calidad y autenticidad que deben cumplir las personas físicas o jurídicas, así como los establecimientos y los productos que caen en su competencia. La normativa tiene como meta esencial la protección de la salud de la población y la buena fe en las transacciones comerciales. Por otro lado, la Administración Nacional de Medicamentos, Alimentos y Tecnología Médica (ANMAT) es un organismo descentralizado de la Administración Pública Nacional, creado mediante el decreto 1490/92, la cual colabora en la protección de la salud humana, en busca de garantizar que los medicamentos, alimentos y dispositivos médicos a disposición de la población posean eficacia, seguridad y calidad. La ANMAT depende técnica y científicamente de las normas y directivas impartidas por la Secretaría de Políticas, Regulación e Institutos del Ministerio de Salud, con una política de independencia económica y financiera.

En Perú, el Decreto Legislativo No. 1062/2008, Ley de Inocuidad de los Alimentos, tiene por finalidad establecer el régimen jurídico para garantizar la inocuidad de los alimentos destinados al consumo humano con el objetivo de proteger la vida y la salud de las personas; en donde se reconocen y aseguran los derechos e intereses de los consumidores y se promueve la competividad de los agentes económicos involucrados en toda la cadena alimentaria, incluidos los piensos, con sujeción al ordenamiento constitucional y jurídico.

En Cuba, la Ley de Salud desarrolla los mandatos constitucionales en materia de salud e incluye el Reglamento de la Ley de Salud, la cual tiene por objeto instituir los principios básicos para la regulación de las relaciones sociales que en el campo de la salud supone la ley. Además, en 1982, en el Decreto-Ley No. 54, sobre las Disposiciones Sanitarias Básicas, se establecen las normas generales que orientan las actividades de control higiénico-sanitario y epidemiológico a cargo del Ministerio de Salud Pública. Asimismo, corresponde al Ministro de Salud Pública dictar las disposiciones sanitarias generales y específicas para alimentos y bebidas previa consulta con los organismos y compañías responsabilizadas en la producción, conservación, distribución y consumo de dichos productos.

En Japón, la regulación sobre inocuidad de los alimentos se basa en la Ley de Sanidad Alimentaria. Esta ley se promulgó en 1947 y se ha actualizado en varias ocasiones. El objetivo es prevenir la aparición de peligros a partir del consumo de alimentos por parte de los seres humanos, a través de la aplicación de los reglamentos necesarios y la realización de las acciones precisas para proteger la salud de las personas. La ley comprende alimentos, bebidas, aditivos, equipos y envases usados para alimentos. El equipo y los recipientes se limitan a los productos que entran en contacto directo con los alimentos. La legislación incluye a los individuos que realizan actividades comerciales relacionadas con los alimentos como los fabricantes y los importadores de alimentos.

La Ley de Modernización de la Inocuidad de los Alimentos (FSMA) de la *Food and Drug Administration* (FDA), promulgada en los Estados Unidos en 2011, permite a la FDA proteger mejor la salud pública al garantizar la seguridad del abastecimiento de alimentos y centrarse en prevenir los problemas de inocuidad de los alimentos, en lugar de limitarse a reaccionar a las dificultades después de que ocurren. Asimismo, la ley otorga a la FDA nuevas facultades de ejecución destinadas a lograr niveles de cumplimiento más altos, con normas de inocuidad de los alimentos basadas tanto en la prevención como en los riesgos. La ley brinda a la FDA nuevos instrumentos para someter a las provisiones importadas a las mismas normas que los alimentos nacionales y ordena implementar un sistema nacional de inocuidad de los alimentos integral, en asociación con las autoridades estatales y locales. En 2014, la FDA propuso una norma sobre prácticas sanitarias de transporte, que podría exigir a los distribuidores de comestibles. La ley requerida por la FSMA ayudaría a mantener la seguridad higiénica de la alimentación humana y animal, mediante el establecimiento de las condiciones, las prácticas, la formación y los registros durante el traslado de los productos.

IMPORTANTE:

Legislación sanitaria en los diversos países. Tiene entre sus principales objetivos: garantizar productos inocuos, prevenir la aparición de peligros por el consumo de alimentos, atestiguar la buena fe en las transacciones comerciales, establecer las leyes de sanidad para alimentos y bebidas, y certificar la seguridad del abastecimiento de alimentos.

Lo más importante en cualquier programa es el comportamiento de todos los miembros de una organización, para llevar al consumidor alimentos no solamente deliciosos, sino, además, saludables.

8. SÍNTESIS CONCEPTUAL

- El *Codex Alimentarius* es un conjunto de estatutos propuestos internacionalmente, para asegurar que los alimentos sean aptos e inocuos para el consumo. La Norma ISO son normas genéricas sobre sistemas de calidad aplicables a toda organización, ya sea de bienes o servicios, que abarcan a todos los niveles.
- En México, las normatividades que se aplican, son el Código Alimentario, la Norma Oficial Mexicana (NOM), la Norma Mexicana (NMX) y la Norma ISO. La NOM es la regulación técnica de carácter obligatorio que deben cumplir los productos, servicios o procesos cuando puedan constituir un riesgo para la seguridad de las personas. La NMX es el instrumento técnico de aplicación voluntaria, que establece especificaciones de referencia para aumentar la calidad de los bienes y servicios en términos de lo dispuesto en la Ley Federal sobre Metrología y Normalización.
- El Reglamento Sanitario Internacional establece las normas que deben cumplir los países integrantes de la OMS, para evaluar y notificar los riesgos y emergencias de salud pública, así como para responder oportunamente.

Véase **Bibliografía** cap. 15 Legislación sanitaria en alimentos
Véase **Actividades recomendadas** cap. 15 Legislación sanitaria en alimentos
Véase **Autoevaluación** cap. 15 Legislación sanitaria en alimentos

Antivirales, 15-16
Apicompexa, clasificación taxonómica, 17c
AQL. *Véase* Nivel de Calidad Aceptable
Artrópodos, 19
  ciclo de vida, 19
  clasificación, 16
    taxonómica, 17*c*
  definición, 16
  efectos negativos directos, 21
  morfología, 18, 18*f*
  respuesta TH2, 132
  transmisión, 20
Ascaris lumbricoides, 104-106
  brote, 105
  ciclo de vida, 104, 105*f*
  enfermedad, 105
  fuente de infección, 104
  manifestaciones clínicas, 105
  morfología y estructura, 104
  periodo de incubación, 105
  sitio colonizado, 104
  tratamiento, 106
Ascomicetos, 25. 143
Aspergillus flavus, 120-123
  animales afectados, 120-121
  brote y alimentos involucrados, 121
  características, macroscópicas, 120
    microscópicas, 120, 120*f*
  hábitat, 120
  mecanismos patogénicos, 121
  significado, 121-122
  sustancias producidas, 120
Azida de sodio, 35
Azúcar, contaminación por termófilos, 146, 189
  del vegetal, fermentación láctica, 158
  esporas de bacterias termorresistentes y, 187
  HACCP y proceso para obtención de, 187
  mucosidad en el jugo de la caña, 142
  refinada, contenido microbiano, 187
  sin refinar, 148, 187
  toxina de *Shiga*, 74

B

Bacillus cereus, 65-67
  brote, 66
  clasificación, 65
  ecología, 65
  genética, 65
  manifestaciones clínicas, 65-66, 66*f*
  mecanismo(s), de transmisión 65
    patogénicos, 66
  morfología y estructura, 65, 65*f*
  prevención, 66-67
  productos extracelulares, 65
  tratamiento, 66
Bacterias, 26-31. *Véase* también tipos específicos
  clasificación, taxonómica, 26, 26c
    tradicional, 26
      atmósfera, 26
      morfología, 26, 26*f*
      tinción, 26
  definición, 26
  descongelamiento y, 157
  en alimentos, 29
  enfermedades en el hombre, 30
  estructura, 26-27
    citoplasma, 27
    endosporas, 27
    fimbrias, 27
    flagelos, 27
    gránulos de volutina, 27
    glucocálix, 26
    inclusiones, 27
    material genético, 27
    membrana citoplasmática, 27
    mesosoma, 27
    pared celular, 26
    periplasma, 27
    ribosomas, 27
  fotótrofas, 28
  genética, 28-29
    conjugación, 29
    recombinación, 28*f*
    transducción 29
    transformación, 29
  infecciones en plantas, 30
  lácticas como indicadores de calidad, 150-152
  mecanismos de transmisión, 29-30
  metabolismo de, 27
    fermentación, 28
    fotótrofas, 28
    quimiótrofas, 28
    respiración, 28
  nutrición de, 27
    mutualistas, 27
    parásitas, 27
    simbiontes, 27
  partes de, 27
  patógenas e infecciones intestinales. *Véase* Bacterias patógenas que causan infecciones intestinales
  patógenas e intoxicaciones intestinales. *Véase* Bacterias patógenas que causan intoxicaciones intestinales
  reproducción, 29
    fisión binaria, 29, 29*f*
  significado de las, en los alimentos, 31
    indicadores, 31
  tiempo de muerte de, con calor, 155
  tratamiento y prevención, 30-31
  utilidad de la detección de, 31
  vida de anaquel, 31
  virulencia, factores de, colonización, adhesinas, 30
      evasinas, 30
      invasinas, 30
    lesión, endotoxinas, 30
      exotoxinas, 30
Bacterias aerobias, 151
  ácido láctico contra, 158
  Eh y, 47
  oxígeno y, 51
Bacterias lácticas como indicadores de calidad, 150-152
  alteraciones en alimentos, 150
  características, 151
  definición, 150
  fuentes de contaminación, 150
  importancia de las bacterias, 151
  miembros del grupo, 150
  probióticos, 151
    características, 151
    principales efectos saludables, 151
  significado en alimentos, 150
    indicadores, 150
  sustancias de interés sanitario, 151
Bacterias mesofílicas aerobias como indicadores de calidad, 140-141
  alteraciones en alimentos, 141
  definición, 140
  fuentes de contaminación, 140
  miembros del grupo, 140
  significado en alimentos, 141

indicadores, 141
Bacterias patógenas que causan infecciones intestinales, 71-91.
Véase también agentes específicos
diarrea, acuosa, 71
invasiva, 71
Bacterias patógenas que causan intoxicaciones intestinales, 62-69.
Véase también agentes específicos
clasificación, agudas, 62
crónicas, 62
recidivantes, 62
subagudas, 62
Bacteriocinas, como barreras antimicrobianas, 151
Escherichia coli y, 79
para la conservación de alimentos, 155, 158
Salmonella typhi y, 77
Basidiomicetos, 25
Benzoato de sodio en el crecimiento bacteriano, 44, 148
Botulismo, 67, 68
síndromes por, 69
Buenas Prácticas de Manufactura, 182

C

Calor y conservación de alimentos, 154-155
Campylobacter jejuni, 81-83
brote, 83
clasificación, 82
ecología, 82
genética, 82
manifestaciones clínicas, 82, 82*f*
mecanismo(s), de transmisión, 82
patogénicos, 83
morfología y estrucutra, 81, 82*f*
prevención, 83
productos extracelulares, 82
tratamiento, 83
Cápside, virus, 12
hepatitis A, 114
influenza aviar, 115
Norwalk, 112
proteínica en rotavirus, 113
simetrías, 13
Capsómero, virus, 12, 13
Carne, fuentes de contaminación y, 189
procesos en el rastro, 188
inspección sanitaria, 189
Cefalosporinas, 90,
de primera generación, 31
Céstodos, 16
clasificación taxonómica, 17*c*
Citotoxina(s), *A. hydrophila*, 89
antígenos de *Shigella*, 134
Campylobacter jejuni, 82
diarrea invasiva y, 71
K, 65
Cloración, 163
Clostridium botulinum,67-69
brote, 68
clasificación, 67
ecología, 67
genética, 68
manifestaciones clínicas68, 68f
mecanismo(s), de transmisión 67
patognénico, 68
morfología y estrucutra, 67, 67f
prevención, 69
productos extracelulares, 68
tratamiento, 69
Codex Alimentarius, principios generales, aprobación, 194
propósitos, 194
Coliforme(s), definición, 141
fecales como indicadores de calidad, 142-143
alteraciones en alimentos, 143
características, 142
definición, 142
fuentes de contaminación, 141
miembros del grupo, 142, 142
significado en alimentos, 143
indicadores, 143
organismos, 141- 142
alteraciones en alimentos, 142
características. 141
definición, 141
fuentes de contaminación, 141
miembros del grupo, 141
significado en alimentos, 142
indicadores, 142
Comité Internacional de Normas Microbiológicas para alimentos,
indicadores, 31
Comités Consultivos Nacionales de Normalización, 195
Complejo proteína-ácido nucleico, genoma viral, 12
Congelación, función, 156
temperatura para conservación, 156*c*
tiempo de preservación, 156*c*
y conservación de alimentos, 6
Conidia, 23
Control sanitario de alimentos, 7
Creutzfeldt-Jakob, enfermedad de nueva variante, 14
Curva operativas, 173, 174*f*
fórmula, 173
Cysticercus cellulosae, 102-104
brote, 104
ciclo de vida, 103, 103*f*
enfermedad, 103
fuente de infección 102
manifestaciones clínicas, 104
morfología y estructura, 102
periodo de incubación, 103
sitio colonizado, 102
tratamiento, 104

D

DAMPs. *Véase* Patrones moleculares asociados con daño
Daño subletal, 48
Defensinas, 44
Derivados industriales, 34
Descomposición, BMA en la, 141
Descongelamiento, métodos de, 156
agua corriente, 157
baño maría, 157
fresco del refrigerador, 157
microondas, 157
temperatura ambiente, 156
Desecación, definición, 156
Deshidratación, 6
definición, 156
Detección de contaminación microbiana, 169-179
criterios microbiológicos, 173
curvas operativas, 173-174
fórmula, 173
métodos, automatizados,
análisis microbiano-171-172
número de muestras, 172
tipo de muestreo, 171
no probabilístico, 171
probabilístico, 171
curvas operativas, 173-174
fórmula, 173

métodos, automatizados, 177-179
biosensores, 179
citometría de flujo, 178
determinación de ATP, 178
ELISA, 178
medición de impedancia, 177
microcalorimetría, 177
PCR, 178
sistema, de siembra en espiral, 179
VITEK, 179
sondas de ácidos nucleicos, 178
Southern Blot, 179
microbianos, 175-177
cualitativos, 176-177
aislamiento de patógenos, 177
estudios de aglutinación, 177
estudios radiométricos, 177
lisado de amebocitos de Limulus, 177
reacciones enzimáticas cromogénicas, 177
técnica de fluorescencia directa, 177
cuantitativos, 175-176
medidas turbidimétricas, 175
número más probable, 175
peso seco, 176
recuento, de microorganismos en placa, 175
microscópico, 175
reducción de colorantes, 176
muestreo para análisis microbiano-171-172
número de muestras, 172
tipo de muestreo, 171
no probabilístico, 171
probabilístico, 171
obtención de muestra, 172
factores en la, almacenaje, 172
identificación, 172
material, 171
objetivo, 172
recolección, 172
transporte, 172
plan de muestreo, clasificación, 170
programa de atributos, de dos clases, 170, 170*f*, 170c
de tres clases,170, 170*c*, 171*f*
concepto, 170
Diarrea aguda. *Véase* Virus, diarrea aguda
Diacetilo, alteraciones en alimentos, 150
bacterias lácticas, 49
Dióxido de, azufre, metabolismo microbiano y, 51
carbono, asociaciones microbianas, 49
como consecuencia de gasificación, 147
metabolismo microbiano, 51
Disentería, 75
Distintivo H, 196
DNA. *Véase* Ácido(s), ribonucleico
Dosis infectante, 61

E

Ebullición, 163
Ecología microbiana, 44
Eh. *Véase* Potencial de oxidorreducción
Encurtidos, 158
Endosporas, 51
como mecansmo de resistencia, 48
de bacterias, 27
en enlatados, 189
de *Clostridium*, 147
sensibilidad a óxido de etileno, 51
Endotoxina, *Aeromonas hydrophila*, 88
contaminantes bióticos, 35
LAL, 177
Salmonella typhi, 76
Shigella dysenteriae, 74
S. aureus, 63
virulencia, 30
Enfermedades parasitarias por alimentos, 94-110. *Véase también agentes específicos*
concepto, 94
epidemiología, 93
prevención, 110
principal manifestación, 93
Enfermedades transmitidas por alimentos (ETA), 55-61
concepto, 56
enfoque diagnóstico, 57-59
anamnesis clínico-epidemiológica, 57
diagnóstico clínico-epidemiológico, 58
alimento consumido, 58, 58*c*
periodo de incubación, 58, 58*c*
síntomas, 58, 59*c*
exploración física completa, 57
epidemiología, 56
factores relacionados,, 61-62
investigación de brote, pasos generales, 59-61, 60*f*
mecanismos inmunitarios en. *Véase* Mecanismos inmunitarios en ETA
tipos, infección, 56
intoxicación, 56
toxicoinfección 56
Enlatados, alimentos, y HACCP, 189
Entamoeba histolytica, 95-97
amebosis por, 97
brote, 97
calidad microbiológica y, 166
ciclo de vida, 96, 96*f*
contaminación del agua por, 38
fuente de, contaminación, 190
infección, 95
manifestaciones clínicas, 96
mecanismos patogénicos por, 97
morfología y estructura, 16, 95
periodo de incubación, 96
purificación del agua, 163
sitio colonizado, 95
respuesta contra. 134. 135
tratamiento, 97
Enterococos como indicadores de calidad, 149-150
alteraciones en alimentos, 150
definición, 149
fuentes de contaminación, 149
significado en alimentos, 149
indicadores, 149-150
Enterotoxina(s), *Aeromonas*, 89
anticuerpos IgA, 133
Campylobacter jejuni y, 82
diarrea acuosa, 71, 80
enfermedad alimentaria, 63
estafilocócicas, 63, 64
ETEC, 79
hemolisina BL, 65
Yersenia, 88
Enzima convertidora de angiotensina, 151
Eritromicina, 5, 21, 83, 85
Escherichia coli, 79-81
brote, 81
clasificación, 79
ecología, 79
genética, 79
manifestaciones clínicas, 80, 80*f*
mecanismo(s), de transmisión, 79
patogénicos, 80

Argentina, Código Alimentario, 198
Consejo y Parlamento Europeo, 197
Cuba, disposiciones sanitarias, 198
Estados Unidos, Ley de Modernización de la Inocuidad de los Alimentos, 198
Japón, Ley de Sanidad Alimentaria, 198
Perú, Ley de Inocuidad de los Alimentos, 198
Seta, clasificación taxonómica, 22, 22c
definición, 22
morfología 22
tipo de reproducción, 24c
Shigella dysenteriae, 72-76
brote, 75
clasificación, 74
ecología, 74
genética, 74
manifestaciones clínicas, 75, 75*f*
mecanismo(s), de transmisión, 74
patogénicos, 75
morfología y estructura, 74, 74*f*
prevención, 76
productos extracelulares, 74
tratamiento, 76
Siete principios, sistema de los, 184
Silimarina, 25
Síndrome de Guillain-Barré, 83
Síndrome urémico hemolítico, como posible complicación de shigelosis, 75
infección por *E. coli*, 81
STX y, 80
Sistema de secreción tipo 3, 74, 75, 77
Staphylococcus aureus, 62-64
brote, 64
clasificación, 63
ecología, 63
genética, 63
manifestaciones clínicas, 63, 63*f*
mecanismo(s), de transmisión, 63
patogénicos, 64
morfología y estructura, 62, 62*f*
prevención, 64-65
productos extracelulares, 63
tratamiento, 64

T

T3SS. *Véase* Sistema de secreción tipo 3
Tabique, hongos filamentos, 22
Penicillum, 122
Taenia saginata, 99-101
brote. 101
ciclo de vida, 100, 100*f*
enfermedad101
fuente de infección 99
manifestaciones clínicas, 101
morfología y estructura, 99, 100*f*
periodo de incubación, 101
sitio colonizado, 100
tratamiento, 101
Taenia solium, 101-102
brote, 102
ciclo de vida, 100*f*, 101
enfermedad por, 102
fuente de infección, 101
hospedero definitivo, 17
infecciones por alimentos,21
manifestaciones clínicas, 102
mecanismos patogénicos, 102
morfología y estructura, 16, 101
periodo de incubación 102
sitio colonizado, 101
tratamiento, 102
Tecnologías para conservar alimentos, 154-159
tratamientos por métodos, físicos, 154-157
calor, 154
congelación, 156
descongelación, 156-157
microondas, 155
secado, 156
microbianos, 158
fermentación, 158
químicos, 157-159
aditivos antimicrobianos, 157
encurtidos, 158
ahumado, 157
salazonado, 157
Temperatura, en almacenaje y distribución de alimentos, 160
factores ecológicos, y 44
recomendaciones de la NOM-251-SSA1-2009, 195
Termodúricos como indicadores de calidad, 145- 146
alteraciones en alimentos, 146
definición, 145
fuentes de contaminación, 145
miembros del grupo, 145
significado en alimentos, 145
indicadores-145
Termófilos como indicadores de calidad, 146-147
alteraciones en alimentos, 147
características, 146
definición, 146
fuentes de contaminación, 146
miembros del grupo, 146
significado en alimentos, 146
indicadores, 146
Toxina, colérica, 72
de Shiga. 74
emética, 65
Toxoplasma gondii, 97-99
brote, 99
ciclo de vida, 97-98, 98*f*
enfermedad, 99
fuente de infección, 97
manifestaciones clínicas, 99
morfología y estructura, 97
periodo de incubación, 99
sitio colonizado, 97
tratamiento, 99
Transducción, 29
Transformación, 26
Transmisión, horizontal, 38
vertical, 38
Transportes, alimentos de origen vegetal, 190
buenas prácticas de manufactura y, 182
FDA, medidas de la, 198
HACCP y medios de, 184
medidas en. de la muestra, 172
procedimientos operativos estandarizados en, 183
temperatura, 160
Trematodos, 16
clasificación taxonómica, 17c
Trichinella spiralis, 1076-107
brote, 107
ciclo de vida, 106, 107*f*
enfermedad, 107
fuente de infección, 106
manifestaciones clínicas, 107
morfología y estructura, 106
periodo de incubación, 107
sitio colonizado, 106

tratamiento, 107
Trichuris trichiura, 108-109
brote, 109
ciclo de vida 108, 109*f*
enfermedad, 108
fuente de infección, 108
manifestaciones clínicas, 108
morfología y estructura, 108
periodo de incubación, 108
sitio colonizado, 108
tratamiento, 109

V

Vía MAPK, 75
Vibrio cholerae, 72-74
brote, 73
clasificación, 72
ecología, 72
genética, 72
manifestaciones clínicas, 72, 73*f*
mecanismo(s), de transmisión, 72
patogénicos, 73
morfología y estructura, 72, 72*f*
prevención, 74
productos extracelulares, 72
tratamiento, 73
Vida de anaquel, bacterias, 31
calor y, 155
conteo de microbios proteolíticos, 147
fermentación y, 159
proteolíticos, 147
psicrótrofos, 145
recuento de hongos, 144
VIH. *Véase* Virus de inmunodeficiencia adquirida
Virulencia bacteriana, factores, de colonización, adhesinas, 30
evasinas, 30
invasinas, 30
de lesión, endotoxinas, 30
exotoxinas, 30
Virus, 11-16. *Véase también tipos específicos*
alimentos en infecciones virales, 15
citopáticos, 15
clasificación, en hepatitis viral, 114*c*
taxonómica, 13,
tradicional, 12-13
compleja, 13
bacteriófago T4, 13, 12*f*
helicoidal, 12
de mosaico del tabaco, 12, 12*f*
icosaédrica, 13
del mosaico amarillo, 14
del papiloma, 15
del sarampión, 14, 15
de la gripe, 14, 15
de la hepatitis A. *Véase* Virus de hepatitis A
de la influenza aviar. *Véase* Virus de influenza aviar
de la papa, 14
diarrea aguda por, 116
adenovirus, 116
astrovirus, 116
calicivirus, 116
enfermedades, en el hombre, 15
transmitidas por alimentos, prevención, 117
entéricos, 161
estructura, 12
cápside, 12
capsómeros, 12
envoltura, 12
genoma viral, 12
nucleocápside, 12
infecciones en plantas, 14
mecanismos de transmisión, 14
no citopáticos, 15
patogénesis, 15
respuesta inmunitaria, 15
replicación, 13
ensamblaje, 13
ingreso, 13
liberación, 13
proceso, 13*f*
reconocimiento, 13
síntesis, 13
tipo Norwalk, 15. *Véase* Virus Norwalk
tratamiento y prevención, 15-16
Virus de hepatitis A, 14, 114-115
brote. 114
morfología y estructura. 114, 114*f*
patogenia, 115
periodo de incubación, 58,114
relacionado con alimentos, 58*c*
respuesta contra, 133
síntomas, 115
tratamiento, 115
vehículos, 114
y control de calidad, 165, 166
y purificación del agua, 163
Virus de influenza aviar, 115-116
brote, 116
mecanismos patogénicos, 116
morfología y estructura, 115
periodo de incubación, 116
síntomas, 116
tratamiento, 116
vehículos, 115
Virus de inmunodeficiencia humana, enfermedades virales, 15
estructura, 12*f*, 15
Virus Norwalk, 112
aguas no purificadas, 15
brote, 112
morfología y estructura, 112, 112*f*
patogenia, 112
periodo de incubación, 112
síntomas, 112
tratamiento, 112
vehículos, 112
Virus transmitidos por alimentos, 111-117. *Véase también tipos específicos*
concepto, 112
prevención de enfermedades transmitidas por alimentos, 117
virus que causan diarrea aguda, 116

Z

Zona de procesamiento, 182

Y

Yersinia enterocolitica, 86-88
brote, 87
clasificación, 86
ecología, 86
genética, 86
manifestaciones clínicas, 87, 87*f*
mecanismo(s), de transmisión, 86
patogénicos, 87
morfología y estructura, 86, 86*f*
prevención, 88
productos extracelulares, 86
tratamiento, 88
Yodo radioactivo, 34

Esta edición se terminó de imprimir en el mes de enero del 2016
en los talleres de IMPRIMEX S.A. de C.V. ubicado en
Antiguo Camino a Culhuacan No. 87 Col. Santa Isabel Ind.
Del. Iztapalapa C.P. 09820, México, D.F.